

Richtung und Ausmaß von Kiefergelenksveränderungen bei der Herbst-Behandlung

Eine röntgenkephalometrische Langzeituntersuchung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Svenja-Natascha Fischer
aus Friedberg / Hessen

Gießen 2001

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Kieferorthopädie
Leiter: Prof. Dr. Pancherz
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Pancherz

Gutachter: Prof. Dr. Alzen

Tag der Disputation: 05.08.2002

1 EINLEITUNG	1
1.1 WACHSTUMSENTWICKLUNG DES UNTERKIEFERS	1
1.2 STIMULIERUNG DES UNTERKIEFERWACHSTUMS BEI DER KLASSE II:1-DYSGNATHIE	2
1.3 HERBST-APPARATUR	3
2 ZIEL	6
3 PROBANDENGUT	7
3.1 HERBST-GRUPPE	7
3.2 KONTROLL-GRUPPE	7
4 METHODE	10
4.1 AUSWERTUNG DER FRS	10
4.1.1 Superponierung der FRS	11
4.1.2 Referenzkreuz	12
4.1.3 Referenzpunkte	14
4.1.4 Messvariablen	15
4.2 STATISTISCHE METHODEN	22
4.3 BESTIMMUNG DES METHODENFEHLERS	22
5 ERGEBNISSE	26
5.1 FOSSAVERLAGERUNG	35
5.1.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen	35
5.1.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden	45
5.1.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden	47
5.2 KONDYLUSWACHSTUM	48
5.2.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen	48
5.2.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden	58
5.2.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden	60
5.3 „EFFEKTIVE“ KIEFERGELENKSVERÄNDERUNG	61
5.3.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen	61
5.3.3 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden	72
5.3.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden	74

5.4 KINNLAGEVERÄNDERUNG	75
5.4.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen	75
5.4.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden	86
5.4.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden	88
5.5 UNTERKIEFERROTATION	89
5.5.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen	89
5.5.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden	95
5.5.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden	96
<u>6 DISKUSSION</u>	<u>97</u>
6.1 MATERIAL UND METHODE	97
6.2 ERGEBNISSE	99
6.2.1 Fossaverlagerung	99
6.2.2 Kondyluswachstum	100
6.2.3 „Effektive“ Kiefergelenksveränderung	101
6.2.4 Kinnlageveränderung und Unterkieferrotation	103
<u>7 SCHLUSSFOLGERUNG</u>	<u>107</u>
<u>8 ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>108</u>
<u>9 LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>111</u>
<u>10 ANHANG</u>	<u>117</u>

1 Einleitung

1.1 Wachstumsentwicklung des Unterkiefers

Mit Beginn der sechsten Schwangerschaftswoche entwickelt sich lateral des Meckel'schen Knorpels aus zwei desmalen Knochenplatten die Mandibula. Bei der Geburt sind diese beiden Mandibulahälften im Bereich der Symphyse bindegewebsknorpelig miteinander verbunden. Während des ersten Lebensjahres verknöchert die Symphyse. Ab der achten Schwangerschaftswoche entwickelt sich dorsal des Meckel'schen Knorpels zunächst das primäre Kiefergelenk, das sich später zum Malleus-Incus-Gelenk differenziert. Die Entwicklung des Mittelohres trennt schließlich das Malleus-Incus-Gelenk räumlich vom Unterkiefer ab.

Die Ausbildung des eigentlichen (sekundären) Kiefergelenks vollzieht sich zwischen der zehnten und zwölften Schwangerschaftswoche. Es kommt zunächst zur Kondylusbildung, der sich während des sechsten bis achten Schwangerschaftsmonats dann ein nach allen Seiten ausgerichtetes appositionales Mandibulawachstum anschließt.

Postnatal ist für die Entwicklung der Mandibula die Wachstumszone im Kiefergelenksknorpel von grundlegender Bedeutung. Von allen im Skelett befindlichen Wachstumszonen behält der Kiefergelenksknorpel sein Wachstumspotential am längsten bei. Unter funktioneller Belastung kommt es auf der Kiefergelenksfläche zur Ausbildung sekundären Faserknorpels.

Insgesamt ist aufgrund des kondylären Wachstums nach hinten und oben die Wachstumsrichtung des Unterkiefers nach vorne und unten ausgerichtet. Die Richtung des Kondyluswachstums ist aber individuell verschieden und bestimmt – einhergehend mit dem Maxillawachstum – die Rotation der Mandibula.

Björk (1963, 1969) und *Björk und Skieller* (1972) sprechen beim Unterkieferwachstum von einer anterioren bzw. posterioren Rotation der Mandibula. Bei einer anterioren Rotation ist die Wachstumsrichtung des Kiefergelenks nach vorne und oben gerichtet.

Das Kinn erfährt dabei hauptsächlich eine horizontal ausgerichtete Verlagerung nach vorne. Bei einer posterioren Rotation ist die Wachstumsrichtung des Kiefergelenks nach hinten gerichtet, und das Kinn erfährt dabei eine hauptsächlich vertikal ausgerichtete Verlagerung nach unten.

Durchschnittlich ist jedoch eine Wachstumsrotation der Mandibula leicht nach anterior zu verzeichnen, die charakteristisch für die normale Einstellung von Unterkiefer zu Oberkiefer ist.

1.2 Stimulierung des Unterkieferwachstums bei der Klasse II:1-Dysgnathie

Bei der Klassifizierung sagittaler Gebissanomalien nach *Angle* (1907) wird zwischen zwei Formen des Distalbisses – nämlich der Klasse II:1 und der Klasse II:2 – differenziert: Bei der Klasse II:1 sind die oberen Incisivi prokliniert, bei der Klasse II:2 retrokliniert (Abb. 1a, b). Die vorliegende Studie beschäftigt sich ausschließlich mit Patienten der Angle-Klasse II:1.

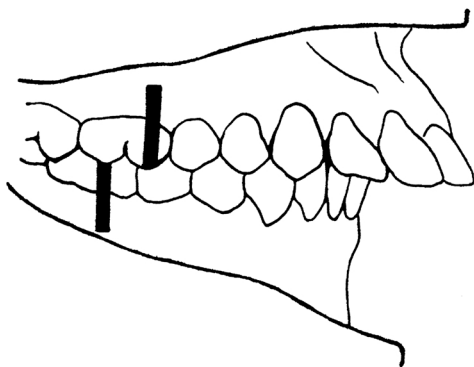


Abb. 1a: Angle-Klasse II:1

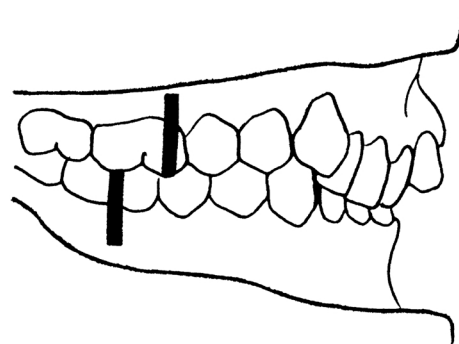


Abb. 1b: Angle-Klasse II:2

Erste Ansätze, um das Unterkieferwachstum bei der Behandlung des Distalbisses vom Typ Klasse II:1 zu stimulieren, wurden bereits 1877 von Kingsley (*Weinberger*, 1926) durch die Methode des „jumping the bite“ durchgeführt. Auch heute kommt in der Funktionskieferorthopädie (FKO) bei der Distalbissbehandlung das Prinzip des „jumping the bite“ zur Anwendung. Herausnehmbare bimaxilläre Apparaturen wie z.B.

der Aktivator (*Andresen und Häupl*, 1936), Bionator (*Balters*, 1964), Funktionsregler nach Fränkel (*Fränkel*, 1964) halten dabei die Mandibula beim Zusammenbeißen in einer anterioren Lage, wodurch Umbauprozesse in den Bereichen der Kiefergelenke induziert werden sollen.

In der Literatur jedoch wird die Möglichkeit einer Wachstumsstimulierung der Mandibula durch abnehmbare FKO-Geräte kontrovers diskutiert. Einige Studien zeigen skelettale Wachstumsveränderungen auf (*Birkebaek et al.*, 1984; *Ehmer*, 1985; *Harvold*, 1985; *Häupl und Petrik*, 1953; *Häupl*, 1958; *Hotz*, 1970; *Korkhaus*, 1960; *Marschner und Harris*, 1966; *McNamara et al.*, 1990; *Parkhouse*, 1969; *Vargervig und Harvold*, 1985; *Woodside et al.*, 1987), während andere Studien die Ursachen der Okklusionsveränderungen in dentoalveolären Umbauprozessen sehen (*Björk*, 1951; *Harvold und Vargervig*, 1971; *Jakobsson*, 1967; *Pancherz*, 1976, 1984; *Wieslander und Lagerström*, 1979; *Woodside*, 1973).

Tierversuche, bei denen eine funktionelle Unterkieferverlagerung vorgenommen wurde, bestätigen die Stimulierbarkeit des Kondyluswachstums (*Breitner*, 1930; *Baume und Derichsweiler*, 1961; *McNamara*, 1973; *Woodside et al.*, 1983, 1987).

Weiterhin konnte die Stimulierbarkeit des Unterkieferwachstums bei der Distalbissbehandlung mit der Herbst-Apparatur (*Herbst*, 1910, 1934) röntgenkephalometrisch festgestellt werden (*Pancherz*, 1979, 1982). Neuerdings durchgeführte Studien mit Hilfe der Magnetresonanztomographie (MRT) zeigten, dass Umbauprozesse am hinteren Kondylus- sowie Fossarand schon nach sechs- bis zwölfwöchiger Herbst-Behandlung in Kraft treten (*Ruf und Pancherz*, 1998).

1.3 Herbst-Apparatur

Die Herbst-Apparatur ist ein festsitzendes bimaxilläres „Jumping“-Gerät zur Behandlung des Distalbisses. Emil Herbst stellte diese Apparatur erstmals im Jahre 1909 beim 5. Internationalen Zahnärztekongress in Berlin vor. Unabhängig von der Kooperationsbereitschaft des Patienten wird der Unterkiefer bei der Behandlung mechanisch kontinuierlich in einer protrudierten Lage gehalten.

Die Herbst-Apparatur kann mit einem künstlichen Gelenk zwischen Ober- und Unterkiefer verglichen werden. Ein doppelseitiger Teleskopmechanismus, der beidseitig an orthodontischen Bändern befestigt ist, hält den Unterkiefer in der gewünschten Vorschublage (Abb. 2). Jedes Teleskop besteht aus einem Führungsrohr und einer Gleitstange, die frei beweglich am ersten Oberkiefermolaren bzw. am ersten Unterkieferprämolaren befestigt sind. Durch die Länge des Führungsrohres lässt sich das Ausmaß der Mesialverlagerung des Unterkiefers bestimmen. Die Apparatur erlaubt Öffnungsbewegungen (Abb. 2b) sowie auch seitliche Bewegungen des Unterkiefers.

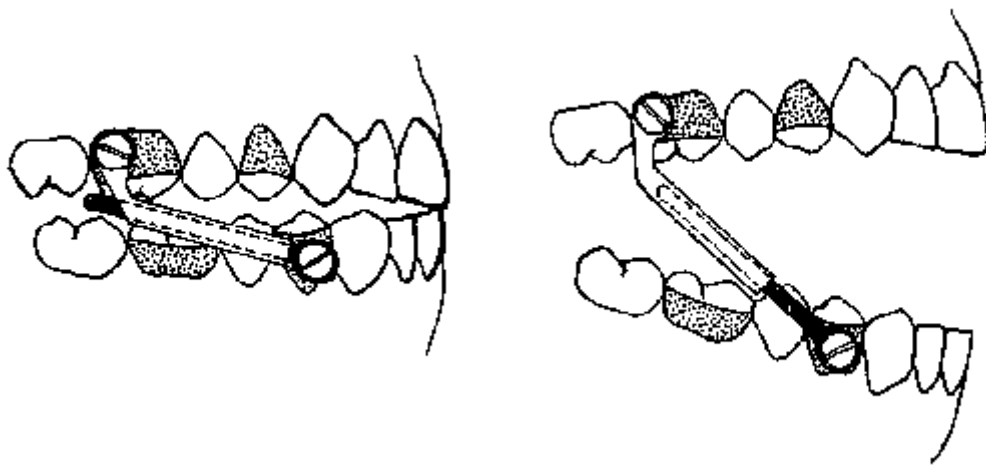


Abb. 2: Schematische Darstellung der Herbst-Apparatur:

a: beim Zusammenbeißen

b: bei Mundöffnung

Für die Kinnvorverlagerung bei der Herbst-Behandlung können prinzipiell folgende Veränderungen verantwortlich gemacht werden: (1) vergrößertes Kondyluswachstum, (2) Umbau der Fossa articularis, (3) Kondylusvorverlagerung innerhalb der Fossa und (4) anteriore Rotation des Unterkiefers.

Röntgenkephalometrische Untersuchungen konnten das Ausmaß der sagittalen Kinnvorverlagerung in Relation zu dem Ausmaß „effektiver“ Kiefergelenksveränderungen (=Summationseffekt der Wachstumsveränderungen im Bereich des (1) Kondylus, der (2) Fossa sowie der (3) Lageveränderung des Kondylus in der Fossa) quantitativ erfassen (*Creekmore*, 1967; *Kohlhas*, 1997; *Pancherz et al.*, 1998). Magnetresonanztomographische Untersuchungen haben – wie schon erwähnt – gezeigt, dass Knochenumbauprozesse im Kondylus und in der Fossa articularis bei der

Herbst-Behandlung stattfinden, während Lageveränderungen des Kondylus innerhalb der Fossa dabei von untergeordneter Bedeutung sind (*Ruf und Pancherz, 1998*).

Derzeit liegen aber keine Untersuchungen über das Ausmaß der separaten Kondylus- und Fossaveränderungen bei der Herbst-Behandlung, die zu einer Kinnvorverlagerung beitragen, vor. Weiterhin ist der Zusammenhang zwischen Kiefergelenksveränderungen und Kinnverlagerung in Bezug zur Unterkieferrotation ungeklärt.

2 Ziel

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, folgende Kiefergelenksveränderungen während und nach der Herbst-Behandlung von Klasse II:1-Dysgnathien quantitativ zu erfassen: (1) Fossa articularis, (2) Kondylus und (3) „effektive“ Kiefergelenksveränderungen (=Summationseffekt der Wachstumsveränderungen im Bereich des Kondylus und der Fossa sowie der Lageveränderung des Kondylus in der Fossa). Weiterhin sollten Kinnlageveränderungen in Bezug zu den Kiefergelenksveränderungen und der Rotation des Unterkiefers ermittelt werden.

Im Speziellen sollte diese Arbeit folgende Fragen beantworten:

- In welchem Ausmaß und in welche Richtung finden Umbauprozesse in der Fossa und im Kondylus während der Herbst-Behandlung statt?
- Wie beeinflussen die Kiefergelenksveränderungen die Position des Kinns?
- Wie beeinflusst die Herbst-Behandlung die Wachstumsrotation des Unterkiefers?
- Wie beeinflusst die Unterkieferrotation die Position des Kinns?
- Sind die Kiefergelenksveränderungen (Fossa, Kondylus, „effektive“ Kiefergelenksveränderungen) bzw. die Kinnlageveränderung nach der Behandlung stabil oder rückläufig?
- Bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede?

3 Probandengut

3.1 Herbst-Gruppe

Von einem Patientengut von 118 konsekutiven Klasse II:1-Dysgnathien, die in der kieferorthopädischen Abteilung der Odontologischen Fakultät Malmö in Schweden erfolgreich mit der Herbst-Apparatur behandelt worden waren, wurden 35 (23 männliche, 12 weibliche) ausgewählt, bei denen zu vier definierten Untersuchungszeitpunkten (siehe Methode S. 10) sowohl mundgeschlossene als auch mundoffene Fernröntgenseitenbilder des Kopfes (FRS) vorlagen.

3.2 Kontroll-Gruppe

Die Kontroll-Gruppe umfasste 12 unbehandelte männliche Probanden mit einer Klasse II:1-Dysgnathie, die den Herbst-Patienten für den Zeitraum der aktiven Behandlung gegenüberstanden. Hier existierten je zwei FRS (mundgeschlossen und mundoffen), die den Zeitpunkten von vor und nach der Herbst-Behandlung entsprachen.

Die Altersverteilung der untersuchten Probanden in der Herbst-Gruppe und der Kontroll-Gruppe zum Zeitpunkt vor der Behandlung bzw. vor der Kontrollperiode ist in Abb. 3, 4, 5 zu sehen. Das Durchschnittsalter der Herbst-Probanden war 13 Jahre (männliche Herbst-Probanden 13 Jahre 3 Monate, weibliche Herbst-Probanden 12 Jahre 5 Monate), das der männlichen Kontroll-Probanden 11 Jahre 7 Monate. Der durchschnittliche Behandlungszeitraum der Herbst-Probanden betrug 7,5 Monate (männliche 7,6 Monate, weibliche 7,3 Monate). Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum der Kontroll-Probanden war ebenfalls 7,5 Monate.

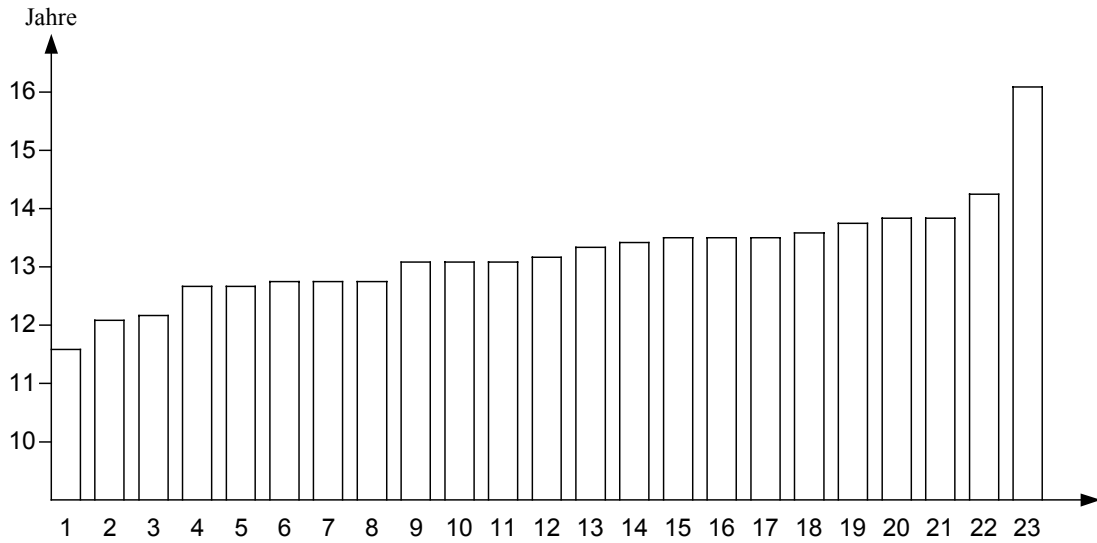


Abb. 3: Altersverteilung der 23 männlichen Klasse II:1-Herbst-Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung

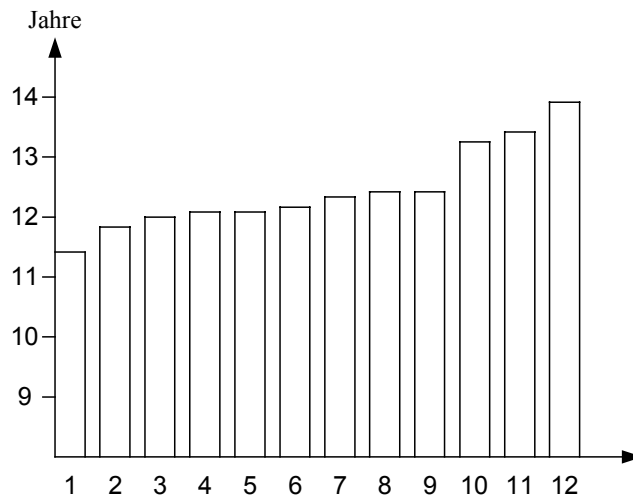


Abb. 4: Altersverteilung der 12 weiblichen Klasse II:1-Herbst-Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung

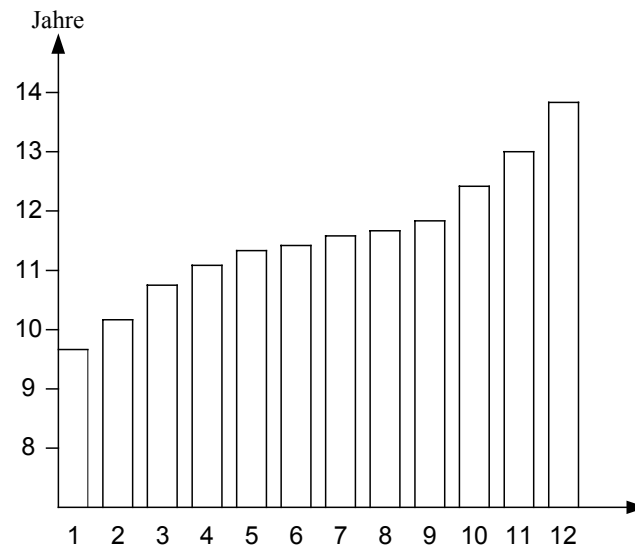


Abb. 5: Altersverteilung der 12 unbehandelten männlichen Klasse II:1-Kontroll-Probanden zum Zeitpunkt vor der Kontrollperiode

4 Methode

4.1 Auswertung der FRS

Sämtliche Röntgenbilder wurden nach standardisierter Aufnahmetechnik angefertigt. Der Zentralstrahl verlief dabei rechtwinkelig zur Filmebene durch den Porus acusticus externus. Der Fokus-Film-Abstand betrug 1,55m, wodurch ein durchschnittlicher Vergrößerungsgrad der FRS von 7% resultierte. Die Vergrößerung fand bei der Auswertung der Röntgenbilder keine Berücksichtigung.

Das Durchzeichnen und Auswerten der FRS erfolgte im abgedunkelten Raum unter Verwendung von Lichtkasten, Acetat-Tracing-Folie und Minenbleistift bzw. -buntstift (0,5mm hart). Strecken- und Winkelmessungen wurden mit einem Geodreieck mit Millimeter- und Gradeinteilung ausgeführt. Alle Bilder eines Patienten wurden in einer Sitzung durchgezeichnet und vermessen. Sämtliche FRS wurden in einwöchentlichem Abstand doppelt ausgewertet und die daraus resultierenden Mittelwerte lagen der Studie zugrunde. Von allen Probanden der Herbst-Gruppe existierten zu vier Untersuchungszeitpunkten jeweils ein FRS in habitueller Okklusion sowie ein FRS mit weit geöffnetem Mund.

Untersuchungszeitpunkte:

- T1: vor der Herbst-Behandlung
- T2: nach 7,5-monatiger (5 bis 14 Monate) Herbst-Behandlung
- T3: 7,5 Monate (6 bis 15 Monate) nach Behandlungsabschluss
- T4: 3 Jahre (23 bis 48 Monate) nach Behandlungsabschluss

Untersuchungszeiträume:

- T2-T1: Behandlungszeitraum von 7,5 Monaten
- T3-T2: Zeitraum nach Behandlungsabschluss bis 7,5 Monate nach Behandlungsabschluss („Setzen“ der Okklusion)
- T4-T3: Zeitraum von 7,5 Monate nach Behandlungsabschluss bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss

T4-T1: gesamter Untersuchungszeitraum von vor der Behandlung bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss

Bei der dysgnathen Kontroll-Gruppe existierten FRS in habitueller Okklusion und in mundoffener Position von vor (T1) und nach (T2) durchschnittlich 7,5 Monaten. Der Kontrollzeitraum (T2-T1) entsprach somit dem Behandlungszeitraum der Herbst-Gruppe.

4.1.1 Superponierung der FRS

Die FRS jedes Probanden wurden superponiert und ausgewertet. Bei der Superponierung wurden die FRS vom Zeitpunkt T2, T3 und T4 über das T1-Bild überlagert. Die Überlagerung der Bilder erfolgte einerseits über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis, andererseits über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (*Björk und Skieller, 1983*).

Bei der Schädelbasisüberlagerung dienten als Referenzstrukturen die Vorderwand der Sella turcica, der Umriss der Lamina cribiformis und die Konturen des frontoethmoidalen Knochenrandes beiderseits. Bei der Unterkieferüberlagerung dienten als Referenzstrukturen der vordere Kinnumriss, die innere Kontur des Symphysenrandes, die Trabekularstruktur in der Symphyse, die Kontur des Canalis mandibularis und Umrisse mineralisierter Molarenkeime.

Zur Darstellung der Kiefergelenke am mundgeschlossenen FRS wurde die Kontur des Kondylus vom mundoffenen FRS auf das entsprechende mundgeschlossene Bild übertragen.

Alle Messstrecken wurden in Bezug zu einem Referenzkreuz RL/RLp (siehe unten) gemessen.

4.1.2 Referenzkreuz

Sämtliche Wachstums- und Behandlungsveränderungen wurden in Bezug zu einem an Bild T1 definierten Referenzkreuz als x- und y-Koordinaten gemessen. Das Referenzkreuz (Abb. 6) wird aus den Linien RL und RLp gebildet:

RL (Referenzlinie): Linie durch die Inzisalkante der unteren mittleren Inzisivi und der distobukkalen Höckerspitze des ersten Unterkiefermolaren (Abb.6)

RLp (Referenzlinie perpendicular): Senkrechte zu RL, die durch den Mittelpunkt der Sella turcica verläuft (Abb.6)

Beide Linien wurden vom T1-Bild auf die anderen Bilder einer Serie nach Superponierung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen.

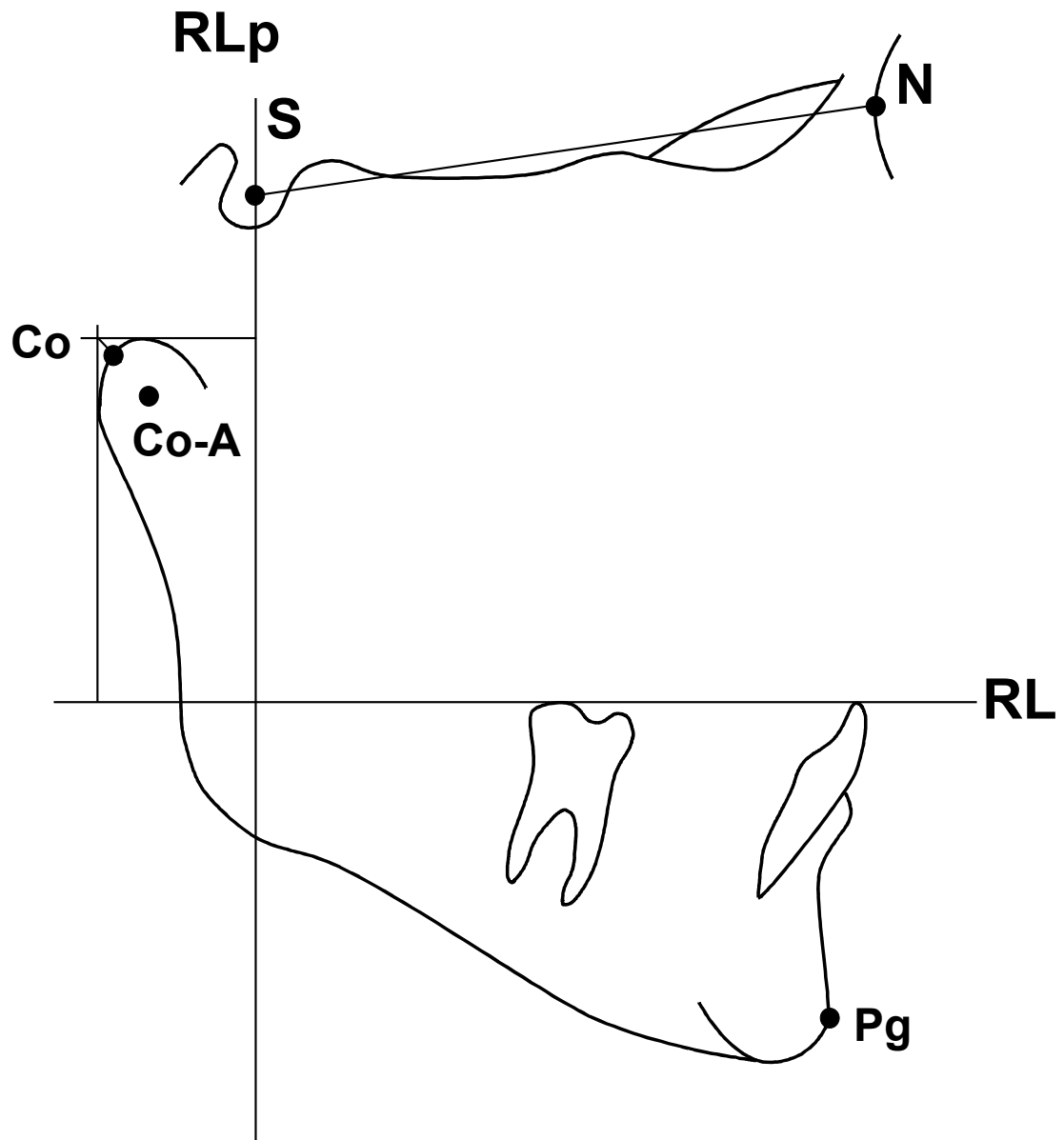


Abb. 6: Kephalmetrisehe Referenzpunkte und Referenzkreuz RL/RLp

4.1.3 Referenzpunkte

- Co (anatomischer Kiefergelenkspunkt): Schnittpunkt des Kondyluskopfes mit der Winkelhalbierenden, die sich durch Anlegen einer horizontalen und vertikalen Tangente bezogen auf das Referenzkreuz RL/RLp am Gelenkkopf ergibt (Abb. 6). Dieser Punkt wurde an jedem Bild (T1 bis T4) individuell festgelegt.
- Co-A (arbiträrer Kiefergelenkspunkt): willkürlich festgelegter „Mittelpunkt“ des Caput mandibulae im T1-Bild (Abb.6). Der Punkt wurde auf die anderen Bilder einer Serie (T2 bis T4) nach Superponierung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen.
- Pg (Kinnpunkt): anteriorster Punkt des knöchernen Kinns (Abb. 6). Der Punkt wurde vom T1-Bild auf die anderen Bilder einer Serie nach Superponierung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers übertragen.

4.1.4 Messvariablen

• Fossaverlagerung (Abb.7)

Für die Ermittlung der Fossaverlagerung liegt die Methode von *Buschang und Santos-Pinto* (1998) zugrunde. Eine Überlagerung der FRS erfolgte über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis (Abb. 7a). Gemessen wurde die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Co-Punktes in Bezug zum T1-Befund, wobei Co/RLp die sagittale Verlagerung und Co/RL die vertikale Verlagerung zeigt (Abb. 7b).

Die Veränderung des Co-Punktes gibt Aufschluss über Richtung und Ausmaß der Fossaverlagerung, vorausgesetzt die Kondylusposition innerhalb der Fossa bleibt unverändert zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten T1, T2, T3 und T4.

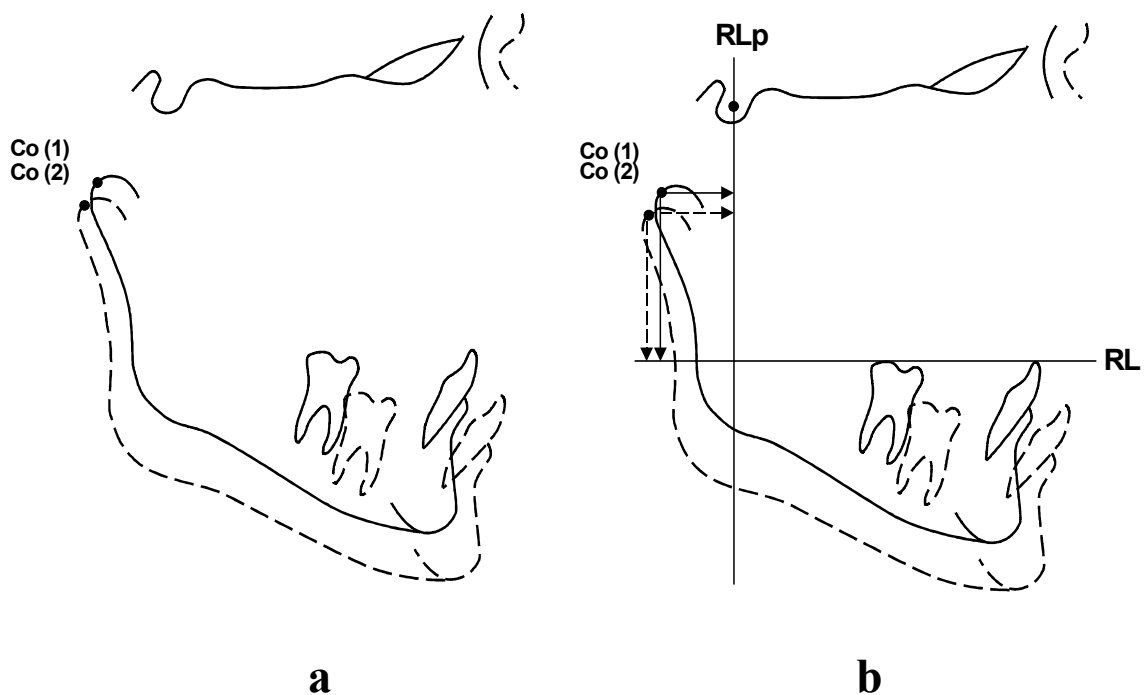


Abb. 7: Methode der Messung der Fossaverlagerung (Co)

- a: Veränderung des Co-Punktes nach Überlagerung des ersten (1) und zweiten (2) FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis
- b: Messung der x- und y-Koordinaten des Co-Punktes zum Referenzkreuz RL/RLp

• **Kondyluswachstum (Abb.8)**

Eine Überlagerung der FRS erfolgte über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (Abb. 8a). Gemessen wurde die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Co-Punktes in Bezug zum T1-Befund, wobei Co/RLp die sagittale Verlagerung und Co/RL die vertikale Verlagerung zeigt (Abb. 8b).

Die Veränderung des Co-Punktes gibt Aufschluss über Richtung und Ausmaß des Kondyluswachstums.

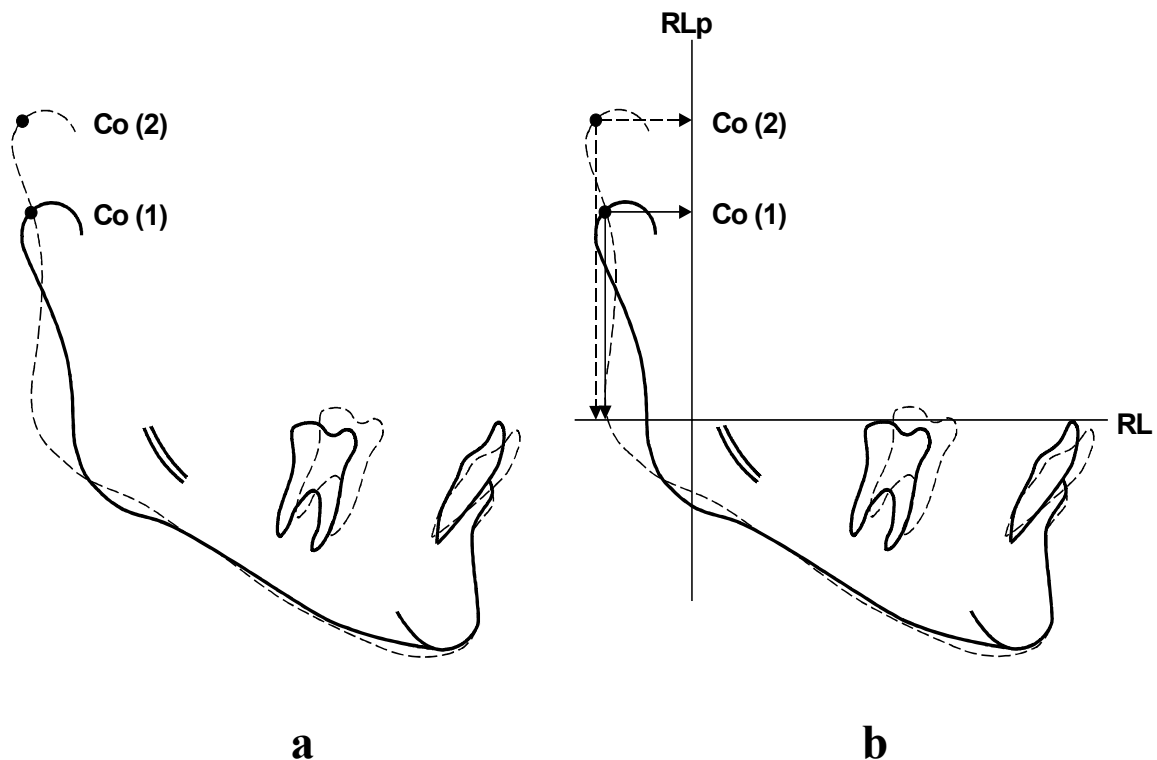


Abb. 8: Methode der Messung des Kondyluswachstums (Co)

- a:** Veränderung des Co-Punktes nach Überlagerung des ersten (1) und zweiten (2) FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers
- b:** Messung der x- und y-Koordinaten des Co-Punktes zum Referenzkreuz RL/RLp

- **„Effektive“ Kiefergelenksveränderung (Abb.9)**

Für die Ermittlung der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen lag die Methode von *Creekmore* (1967) zugrunde. Im ersten Schritt der Analyse wurde – wie schon erwähnt (Seite 14) – der im ersten (1) FRS definierte Co-A-Punkt auf das zweite (2) FRS nach Überlagerung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen (Abb. 9a). Im zweiten Schritt erfolgte eine Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (Abb. 9b). Gemessen wurde die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Co-A-Punktes in Bezug zum T1-Befund, wobei Co-A/RLp die sagittale Verlagerung und Co-A/RL die vertikale Verlagerung zeigt (Abb. 9c).

Die Veränderung des Co-A-Punktes spiegelt den Summationseffekt der Wachstumsveränderungen im Kondylus und in der Fossa sowie der Lageveränderung des Kondylus in der Fossa wider.

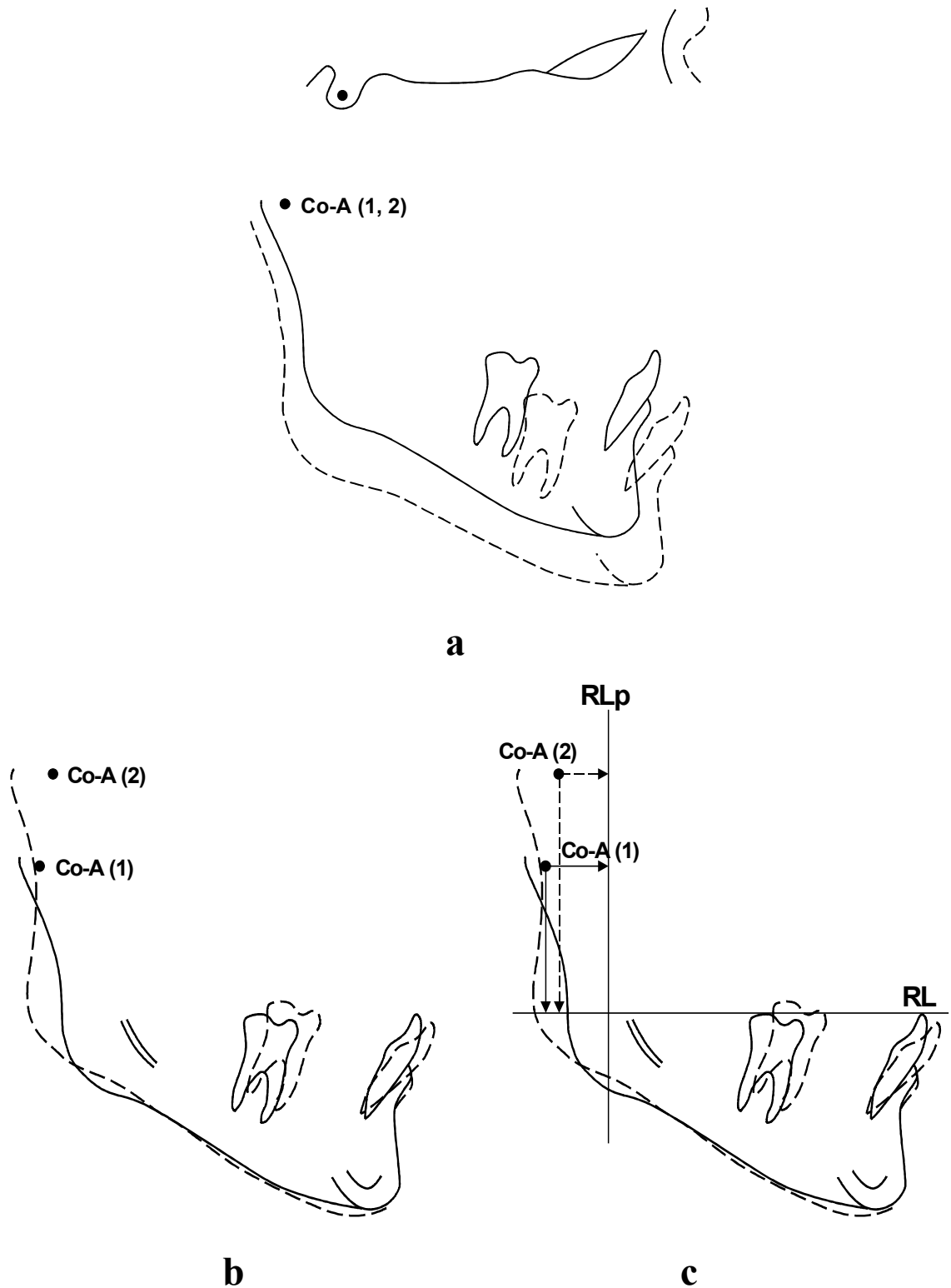


Abb. 9: Methode der Messung der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (Co-A)
a: Übertragung des arbiträren Kiefergelenkspunktes Co-A vom ersten (1) FRS auf das zweite (2) FRS nach Schädelbasisüberlagerung der FRS
b: Veränderung des Co-A-Punktes nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers
c: Messung der x- und y-Koordinaten des Co-A-Punktes zum Referenzkreuz RL/RLp

• **Kinnlageveränderung** (Abb.10)

Für die Ermittlung der Kinnlageveränderung wurde im ersten Schritt der Analyse der im ersten (1) FRS definierte Pg-Punkt nach Überlagerung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers auf das zweite (2) FRS übertragen (Abb. 10a). Im zweiten Schritt erfolgte eine Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis (Abb. 10b). Gemessen wurde die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Pg-Punktes in Bezug zum T1-Befund, wobei Pg/RLp die sagittale Verlagerung und Pg/RL die vertikale Verlagerung zeigt (Abb. 10c).

Die Veränderung des Pg-Punktes spiegelt den Summationseffekt aus „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und Unterkieferrotation (siehe Seite 21) wider.

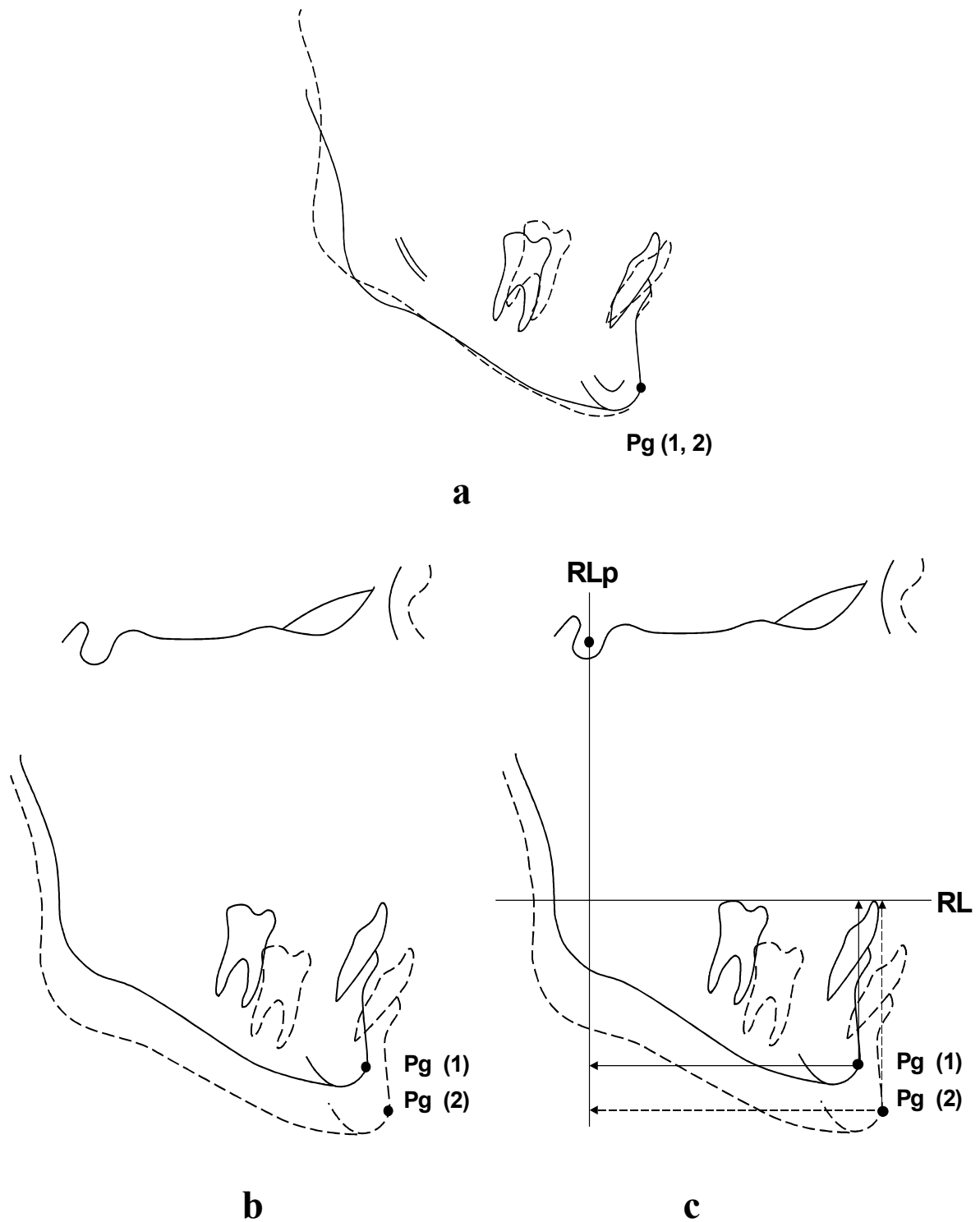


Abb. 10: Methode der Messung der Kinnlageveränderung (Pg)

- a:** Übertragung des Kinnpunktes Pg am ersten (1) FRS auf das zweite (2) FRS nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers
- b:** Veränderung des Pg-Punktes nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis
- c:** Messung der x- und y-Koordinaten des Pg-Punktes zum Referenzkreuz **RL/RLp**

• **Unterkieferrotation** (Abb.11)

Für die Ermittlung der Unterkieferrotation wurde im ersten Schritt der Analyse die im ersten (1) FRS definierte RL-Linie nach Überlagerung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis auf das zweite (2) FRS übertragen (Abb. 11a). Im zweiten Schritt erfolgte eine Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers. Gemessen wurde die Veränderung der Neigung der RL-Linie (Abb. 11b).

Die Veränderung spiegelt die Rotation des Unterkiefers wider und ist bedingt durch das Zusammenwirken der vertikalen Komponente der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen, das vertikale Oberkieferwachstums, die vertikalen dentoalveolären Veränderungen des Ober- und Unterkiefers und die Steilheit der inzisalen Führung.

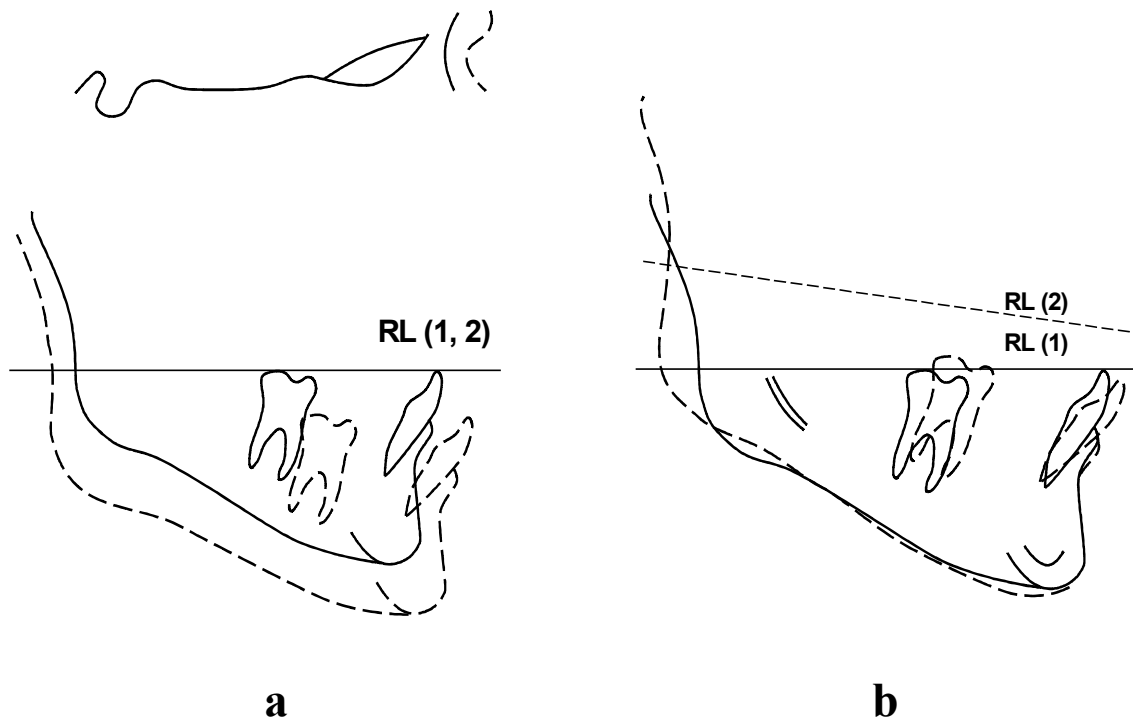


Abb. 11: Methode der Messung der Unterkieferrotation (in Winkelgrad)

- a: Übertragung der Referenzlinie RL vom ersten (1) FRS auf das zweite (2) FRS nach Schädelbasisüberlagerung der FRS
- b: Veränderung der Neigung der Referenzlinie RL nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers

4.2 Statistische Methoden

Sämtliche der Studie zugrunde liegenden Berechnungen wurden auf einem Pentium II 233MHz PC unter zu Hilfenahme der Software „Microsoft“-Tabellenkalkulation EXCEL 97 durchgeführt. Zur graphischen Aufbereitung wurde VISIO 2000 von Visio Corporation herangezogen.

Für alle Variablen wurden die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) bestimmt. Die Veränderungen der Variablen während der unterschiedlichen Untersuchungszeiträume wurden mittels Student t-Test für abhängige Stichproben überprüft und geschlechtsspezifische Unterschiede wurden mit Hilfe des Student t-Testes für unabhängige Stichproben ermittelt.

Folgende Signifikanzniveaus kamen zur Anwendung:

$p < 0,001$ (***)

$p < 0,01$ (**)

$p < 0,05$ (*)

$p \geq 0,05$ (n.s.) nicht signifikant

4.3 Bestimmung des Methodenfehlers

Zwecks Ermittlung des totalen Methodenfehlers bei der Lokalisation und Einzeichnung der Referenzpunkte, der Überlagerung der FRS sowie der Messung der Veränderungen der Untersuchungsvariablen während der verschiedenen Untersuchungszeitpunkte wurden die FRS von 20 willkürlich ausgewählten Herbst-Patienten doppelt ausgewertet.

Folgende Formel (*Dahlberg*, 1940) fand bei der Berechnung des Methodenfehlers (MF) Verwendung:

$$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz zwischen den Doppelmessungen

n = Anzahl der untersuchten Probanden

Die Ergebnisse der Methodenfehlerberechnung für alle Variablen sind den Tabellen 1, 2 zu entnehmen.

Tab. 1: Totaler Methodenfehler der Untersuchungsvariablen bei 20 Herbst-Probanden zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten:

T1: vor der Behandlung

T2: nach der Behandlung

T3: 7,5 Monate nach der Behandlung

T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	T1	T2	T3	T4
Fossaposition - sagittal [Sbü]	0,30	0,36	0,47	0,41
Fossaposition - vertikal [Sbü]	0,37	0,45	0,47	0,39
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	0,30	0,47	0,67	0,55
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	0,37	0,38	1,22	0,49
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	0,24	0,56	0,32	0,45
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	0,19	0,41	0,51	0,43
Kinnposition - sagittal [Sbü]	0,36	0,53	0,54	0,46
Kinnposition - vertikal [Sbü]	0,32	0,41	0,45	0,50
Unterkieferneigung (in Relation zum T1-Befund) [Ukü]	-	0,43	0,36	0,59

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Tab. 2: Totaler Methodenfehler der Untersuchungsvariablen bei 20 Herbst-Probanden zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen. Dabei bedeutet:

- T1: vor der Behandlung
 T2: nach der Behandlung
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung
 T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	T2-T1	T3-T2	T4-T3	T4-T1
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	0,06	0,11	-0,06	0,11
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	0,08	0,02	-0,08	0,02
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	0,17	0,20	-0,12	0,25
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	0,01	0,84	-0,73	0,12
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	0,32	-0,24	0,13	0,21
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	0,22	0,10	-0,08	0,24
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	0,17	0,01	-0,08	0,10
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	0,09	0,04	0,05	0,18
Unterkieferrotation [Ukü]	0,43	-0,07	0,23	0,59

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

5 Ergebnisse

Grundlage für die Ergebnisdarstellung sind die Tabellen 3-9 (Seite 28-34), die Abbildungen 12-61 sowie die sich im Anhang befindlichen Tabellen A1-A9 (Seite 118-126).

Tabelle 3 (Seite 28) stellt die Untersuchungsvariablen zu den vier Untersuchungszeitpunkten bei den 35 Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) dar. Tabelle 4 (Seite 29) zeigt die Veränderungen der Untersuchungsvariablen während der unterschiedlichen Untersuchungszeiträume auf. Ergänzend erfolgte die graphische Darstellung der jeweiligen durchschnittlichen Variablenveränderung bei den männlichen und weiblichen Herbst-Probanden zusammen sowie männliche und weibliche Herbst-Probanden getrennt voneinander. Zudem wurden die Veränderungen der Variablen bei den einzelnen männlichen und weiblichen Herbst-Probanden zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen unter besonderer Berücksichtigung des Methodenfehlers graphisch dargestellt. Tabelle 5 (Seite 30) stellt den Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Patienten zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und Tabelle 6 (Seite 31) zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen dar.

Tabelle 7 (Seite 32) zeigt die Lage der Untersuchungsvariablen bei den unbehandelten Kontroll-Probanden zum Zeitpunkt T1 und T2, Tabelle 8 (Seite 33) die Veränderung der Untersuchungsvariablen.

Einen Vergleich der Herbst-Probanden mit den Kontroll-Probanden zum Untersuchungszeitraum T2-T1 ist in Tabelle 9 (Seite 34) zu sehen. Die graphischen Darstellungen Abb. 22, 33, 44, 55, 61 zeigen die jeweiligen durchschnittlichen Variablenveränderungen der Herbst- und Kontroll-Probanden auf.

Im Anhang zeigen die Tabellen A1-A8 (Seite 118-125) die individuellen Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei den 23 männlichen sowie 12 weiblichen Herbst-Probanden während der verschiedenen Untersuchungszeiträume. Tabelle A9 (Seite 126) stellt die individuellen Veränderungen der

Untersuchungsvariablen bei den 12 männlichen Kontroll-Probanden während des Untersuchungszeitraumes T2-T1 dar.

Tab. 3: Lage der Untersuchungsvariablen bei 35 Herbst-Probanden (23 **m**ännliche und 12 **w**eiliche) zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten:
T1: vor der Behandlung
T2: nach der Behandlung
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung
T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	Gruppe	T1		T2		T3		T4	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Fossaposition - sagittal [Sbü]	m	16,1	3,03	15,7	2,72	16,9	3,03	17,7	3,47
	w	14,8	2,71	14,5	2,97	15,1	2,70	15,8	2,40
	m+w	15,7	2,98	15,3	2,85	16,3	3,08	17,1	3,29
Fossaposition - vertikal [Sbü]	m	37,6	5,52	36,3	5,45	36,3	5,93	36,2	6,20
	w	38,9	5,62	38,8	5,95	38,7	6,35	39,0	6,58
	m+w	38,0	5,67	37,1	5,85	37,1	6,28	37,2	6,57
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	m	16,1	2,96	18,3	3,70	19,2	4,09	21,5	5,12
	w	14,8	2,71	16,0	2,73	16,5	3,20	17,1	2,58
	m+w	15,7	2,98	17,5	3,59	18,3	3,99	20,0	4,88
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	m	37,5	5,44	40,6	5,29	43,1	5,71	48,8	5,77
	w	38,9	5,62	41,5	5,67	42,4	6,43	44,9	5,45
	m+w	38,0	5,63	40,9	5,53	42,8	6,01	47,4	6,03
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	m	11,4	2,71	14,1	3,69	13,9	3,68	15,3	4,77
	w	10,0	2,75	11,5	2,73	11,5	3,16	11,4	2,85
	m+w	11,0	2,84	13,2	3,64	13,1	3,69	14,0	4,62
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	m	34,3	5,28	38,8	5,46	41,0	5,53	46,6	5,60
	w	35,3	5,97	38,1	6,15	39,1	6,05	41,1	4,92
	m+w	34,6	5,64	38,5	5,77	40,4	5,82	44,7	6,05
Kinnposition - sagittal [Sbü]	m	70,1	5,53	73,2	6,30	74,1	6,54	76,2	6,86
	w	69,9	5,47	71,6	5,72	71,2	5,47	71,6	6,26
	m+w	70,0	5,51	72,7	6,12	73,1	6,37	74,7	7,04
Kinnposition - vertikal [Sbü]	m	34,8	2,96	38,6	3,30	39,5	3,89	44,7	3,87
	w	33,8	3,40	36,6	3,45	37,7	2,92	39,0	3,08
	m+w	34,5	3,19	37,9	3,52	38,9	3,71	42,7	4,49
Unterkieferneigung (in Relation zum T1-Befund) [Ukü] *	Grad	-	-	-0,6	1,90	-1,8	1,64	-1,8	2,14
	Grad	-	-	-0,1	1,94	+0,1	2,33	-0,3	2,05
	Grad	-	-	-0,4	1,94	-1,2	1,98	-1,3	2,23

Anmerkung:

* Plus (+) bedeutet:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung
Ukü = Unterkieferüberlagerung

* Minus (-) bedeutet:

anteriore Neigung gegenüber des T1-Befundes

Tab. 4: Veränderungen der Lage der Untersuchungsvariablen bei 35 Herbst-Probanden (23 **m**ännliche und 12 **w**eilbiche) während der unterschiedlichen Untersuchungszeiträume. Dabei bedeutet:

- T1: vor der Behandlung
T2: nach der Behandlung
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung
T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	Gruppe	T2-T1		T3-T2		T4-T3		T4-T1	
		MW(d)	Sign	MW(d)	Sign	MW(d)	Sign	MW(d)	Sign
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	m	-0,4	***	+1,2	***	+0,8	***	+1,6	***
	w	-0,3	***	+0,6	***	+0,7	***	+1,0	***
	m+w	-0,4	***	+1,0	***	+0,8	***	+1,4	***
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	m	-1,3	***	+0,0	n. s.	-0,1	n. s.	-1,4	***
	w	-0,1	n. s.	-0,1	n. s.	+0,3	***	+0,1	n. s.
	m+w	-0,9	***	+0,0	n. s.	+0,1	n. s.	-0,8	***
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	m	+2,2	***	+0,9	***	+2,3	***	+5,4	***
	w	+1,2	***	+0,5	***	+0,6	***	+2,3	***
	m+w	+1,8	***	+0,8	***	+1,7	***	+4,3	***
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	m	+3,1	***	+2,5	***	+5,7	***	+11,3	***
	w	+2,6	***	+0,9	***	+2,5	***	+6,0	***
	m+w	+2,9	***	+1,9	***	+4,6	***	+9,4	***
Effekt: Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü] Co-A/RLp	m	+2,7	***	-0,2	***	+1,4	***	+3,9	***
	w	+1,5	***	+0,0	n. s.	-0,1	n. s.	+1,4	***
	m+w	+2,2	***	-0,1	***	+0,9	***	+3,0	***
Effekt: Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü] Co-A/RL	m	+4,5	***	+2,2	***	+5,6	***	+12,3	***
	w	+2,8	***	+1,0	***	+2,0	***	+5,8	***
	m+w	+3,9	***	+1,9	***	+4,3	***	+10,1	***
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü] Pg/RLp	m	+3,1	***	+0,9	***	+2,1	***	+6,1	***
	w	+1,7	***	-0,4	***	+0,4	n. s.	+1,7	***
	m+w	+2,7	***	+0,4	***	+1,6	***	+4,7	***
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü] Pg/RL	m	+3,8	***	+0,9	***	+5,2	***	+9,9	***
	w	+2,8	***	+1,1	***	+1,3	***	+5,2	***
	m+w	+3,4	***	+1,0	***	+3,8	***	+8,2	***
Unterkieferrotation [Ukü] RL	m	-0,6	n. s.	-1,2	***	+0,0	n. s.	-1,8	***
	w	-0,1	n. s.	+0,2	n. s.	-0,4	***	-0,3	n. s.
	m+w	-0,4	n. s.	-0,8	***	-0,1	***	-1,3	***

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung
Ukü = Unterkieferüberlagerung

Signifikanzniveaus:

*** entspricht $p < 0,001$
** entspricht $p < 0,01$
n. s. entspricht $p \geq 0,05$

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. 5: Vergleich männlicher (n=23) und weiblicher (n=12) Herbst-Probanden zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten:
T1: vor der Behandlung
T2: nach der Behandlung
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung
T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	m - w											
	T1			T2			T3			T4		
	MW(d)	t-Wert	Sign	MW(d)	t-Wert	Sign	MW(d)	t-Wert	Sign	MW(d)	t-Wert	Sign
Fossaposition - sagittal [Sbü]	+1,3	+2,14	*	+1,2	+2,01	*	+1,8	+2,96	**	+1,9	+3,02	**
Fossaposition - vertikal [Sbü]	-1,3	-1,55	n.s.	-2,5	-2,96	**	-2,4	-2,74	*	-2,8	-3,13	**
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	+1,3	+2,15	*	+2,3	+3,51	**	+2,7	+3,89	***	+4,4	+5,98	***
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	-1,4	-1,68	n.s.	-0,9	-1,09	n.s.	+0,7	+0,81	n.s.	+3,9	+4,60	***
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	+1,4	+2,38	*	+2,6	+3,98	***	+2,4	+3,60	***	+3,9	+5,39	***
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	-1,0	-1,20	n.s.	+0,7	+0,83	n.s.	+1,9	+2,23	*	+5,5	+6,66	***
Kinnposition - sagittal [Sbü]	+0,2	+0,24	n.s.	+1,6	+1,86	*	+2,9	+3,28	**	+4,6	+5,00	***
Kinnposition - vertikal [Sbü]	+1,0	+1,59	n.s.	+2,0	+3,07	**	+1,8	+2,68	*	+5,7	+8,43	***
Unterkieferneigung (in Relation zum T1-Befund) [Ukü]	-	-	-	+0,5	+1,01	n.s.	+1,9	+3,90	***	+1,5	+2,90	**

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung
Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Messwerte der männlichen Probanden sind größer
als die der weiblichen Probanden

Minus (-) bedeutet:

Messwerte der männlichen Probanden sind kleiner
als die der weiblichen Probanden

Signifikanzniveaus:

- *** entspricht $p < 0,001$
- ** entspricht $p < 0,01$
- * entspricht $p < 0,05$
- n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Tab. 6: Vergleich männlicher (n=23) und weiblicher (n=12) Herbst-Probanden zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen.

Dabei bedeutet:

- T1: vor der Behandlung
T2: nach der Behandlung
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung
T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Variable	m-w							
	T2-T1		T3-T2		T4-T3		T4-T1	
	MW(d)	Sign	MW(d)	Sign	MW(d)	Sign	MW(d)	Sign
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	0,1 (a)	n. s.	0,6 (a)	**	0,1 (a)	n. s.	0,6 (a)	*
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	1,2 (a)	***	0,1 (b)	n. s.	0,4 (b)	*	1,5 (a)	***
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	1,0 (a)	***	0,4 (a)	n. s.	1,7 (a)	***	3,1 (a)	***
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	0,5 (a)	***	1,6 (a)	***	3,2 (a)	***	5,3 (a)	***
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	1,2 (a)	***	0,2 (a)	n. s.	1,5 (a)	***	2,5 (a)	***
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	1,7 (a)	***	1,2 (a)	***	3,6 (a)	***	6,5 (a)	***
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	1,4 (a)	***	1,3 (a)	***	1,7 (a)	***	4,4 (a)	***
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	1,0 (a)	***	0,2 (b)	n. s.	3,9 (a)	***	4,7 (a)	***
Unterkieferrotation [Ukü]	0,5 (a)	n. s.	1,4 (a)	***	0,4 (b)	*	1,5 (a)	**

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

(a) bedeutet: männliche Probanden zeigen größere Messwerte

(b) bedeutet: weibliche Probanden zeigen größere Messwerte

Signifikanzniveaus:

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

n. s. entspricht $p \geq 0,05$

Tab. 7: Lage der Untersuchungsvariablen bei 12 unbehandelten männlichen Kontroll-Probanden:

T1: entspricht dem Zeitpunkt vor Behandlungsbeginn der Herbst-Gruppe

T2: entspricht dem Zeitpunkt nach Behandlungsende der Herbst-Gruppe

Variable	T1		T2	
	MW	SD	MW	SD
Fossaposition - sagittal [Sbü]	12,7	2,83	12,9	3,31
Fossaposition - vertikal [Sbü]	33,7	4,78	33,8	5,18
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	12,7	2,83	12,8	3,38
Kondylusposition (anatomischer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	33,7	4,78	35,3	4,68
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - sagittal [Ukü]	8,0	2,85	8,2	2,88
Kondylusposition (arbiträrer Messpunkt) - vertikal [Ukü]	30,4	4,62	31,7	4,22
Kinnposition - sagittal [Sbü]	71,3	4,06	71,9	3,78
Kinnposition - vertikal [Sbü]	32,9	2,09	33,7	2,16
Unterkieferneigung (in Relation zum T1-Befund) [Ukü] *	-	-	-0,7	1,05

Anmerkung:

* Minus (-) bedeutet:

anteriore Neigung gegenüber des T1-Befundes

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Tab. 8: Veränderung der Lage der Untersuchungsvariablen bei 12 unbehandelten männlichen Kontroll-Probanden:

T1: entspricht dem Zeitpunkt vor Behandlungsbeginn der Herbst-Gruppe

T2: entspricht dem Zeitpunkt nach Behandlungsende der Herbst-Gruppe

Variable		T2-T1		
		MW(d)	SD(d)	Sign
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	Co/RLp	+0,2	+0,48	n. s.
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	Co/RL	+0,1	+0,40	n. s.
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	Co/RLp	+0,1	+0,55	n. s.
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	Co/RL	+1,6	-0,10	***
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	Co-A/RLp	+0,2	+0,03	***
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	Co-A/RL	+1,3	-0,40	***
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	Pg/RLp	+0,6	-0,28	***
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	Pg/RL	+0,8	+0,07	***
Unterkieferrotation [Ukü]	RL	-0,7	+1,05	*

Anmerkung

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Signifikanzniveaus:

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,05$

n. s. entspricht $p \geq 0,05$

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa

Superiore Verlagerung der Fossa

Posteriore Wachstum des Kondylus

Superiores Wachstum des Kondylus

Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung

Superiore effektive Kiefergelenksveränderung

Anteriore Verlagerung des Kinns

Inferiore Verlagerung des Kinns

Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa

Inferiore Verlagerung der Fossa

Anteriore Wachstum des Kondylus

Inferiores Wachstum des Kondylus

Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung

Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung

Posteriore Verlagerung des Kinns

Superiore Verlagerung des Kinns

Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. 9: Vergleich 23 männlicher Herbst-Probanden (H) und 12 männlicher Kontroll-Probanden (K) zum Untersuchungszeitraum T1: entspricht dem Zeitpunkt vor Behandlungsbeginn der Herbst-Gruppe
T2: entspricht dem Zeitpunkt nach Behandlungsende der Herbst-Gruppe

Variable			T2-T1		
			MW(d)	SD(d)	Sign
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	Co/RLp	mm	0,6 (a)	0,39	***
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	Co/RL	mm	1,4 (a)	0,55	***
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	Co/RLp	mm	2,1 (a)	0,47	***
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	Co/RL	mm	1,5 (a)	0,34	***
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	Co-A/RLp	mm	2,5 (a)	0,19	***
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	Co-A/RL	mm	3,2 (a)	0,7	***
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	Pg/RLp	mm	2,5 (a)	0,05	***
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	Pg/RL	mm	3,0 (a)	1,08	***
Unterkieferrotation [Ukü]	RL	Grad	0,1 (b)	0,85	n. s.

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

(a) bedeutet: Herbst-Probanden zeigen größere Messwerte

(b) bedeutet: Kontroll-Probanden zeigen größere Messwerte

Signifikanzniveaus:

*** entspricht $p < 0,001$

n. s. entspricht $p \geq 0,05$

5.1 Fossaverlagerung

Gemessen wurde die Verlagerung des Co-Punktes nach Schädelbasisüberlagerung der Röntgenbilder.

5.1.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen

(Tab. 4; Abb. 12-20)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) zeigten männliche und weibliche Probanden zusammen eine durchschnittliche Verlagerung des Co-Punktes – als Ausdruck der Fossaverlagerung – nach anterior (0,4mm; $p<0,001$) und inferior (0,9mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers verlagerte sich der Co-Punkt bei 15 (43%) der 35 Probanden nach anterior und bei 5 Probanden (14%) nach posterior (Abb. 13). Weiterhin war bei 20 Probanden (57%) eine inferiore und bei 4 Probanden (11%) eine superiore Verlagerung des Co-Punktes zu sehen (Abb. 14).

In der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten war durchschnittlich eine Verlagerung des Co-Punktes in posteriore Richtung von 1,0mm ($p<0,001$) zu verzeichnen. In vertikaler Ebene fand keine Verlagerung statt. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers erfolgte bei 16 (46%) der 35 Probanden eine Verlagerung des Co-Punktes nach posterior und bei 2 (6%) Probanden nach anterior (Abb.15). In der Vertikalen zeigten 11 Probanden (31%) eine Verlagerung des Co-Punktes nach inferior, 7 Probanden (20%) nach superior (Abb. 16).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wurde die durchschnittliche posteriore (0,8mm; $p<0,001$) Verlagerungsrichtung des Co-Punktes bei unbedeutender Verlagerung in superiore Richtung (0,1mm; n.s.) beibehalten. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 20 (57%) der 35 Probanden zu einer Verlagerung des Co-Punktes nach posterior und bei 6 Probanden (17%) nach anterior (Abb. 17). Bei 11 Probanden (31%) war eine Co-Punkt-Verlagerung nach superior und bei 9 Probanden (26%) nach inferior zu verzeichnen (Abb. 18).

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) wurde der Co-Punkt durchschnittlich nach posterior (1,4mm; $p<0,001$) und inferior (0,8mm; $p<0,001$) verlagert. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 22 (63%) der 35 Probanden zu einer Posteriorverlagerung des Co-Punktes, bei 3 Probanden (9%) war eine Anteriorverlagerung zu verzeichnen (Abb. 19). 19 Probanden (54%) zeigten eine inferiore und 9 Probanden (26%) eine superiore Verlagerung des Co-Punktes auf (Abb. 20).

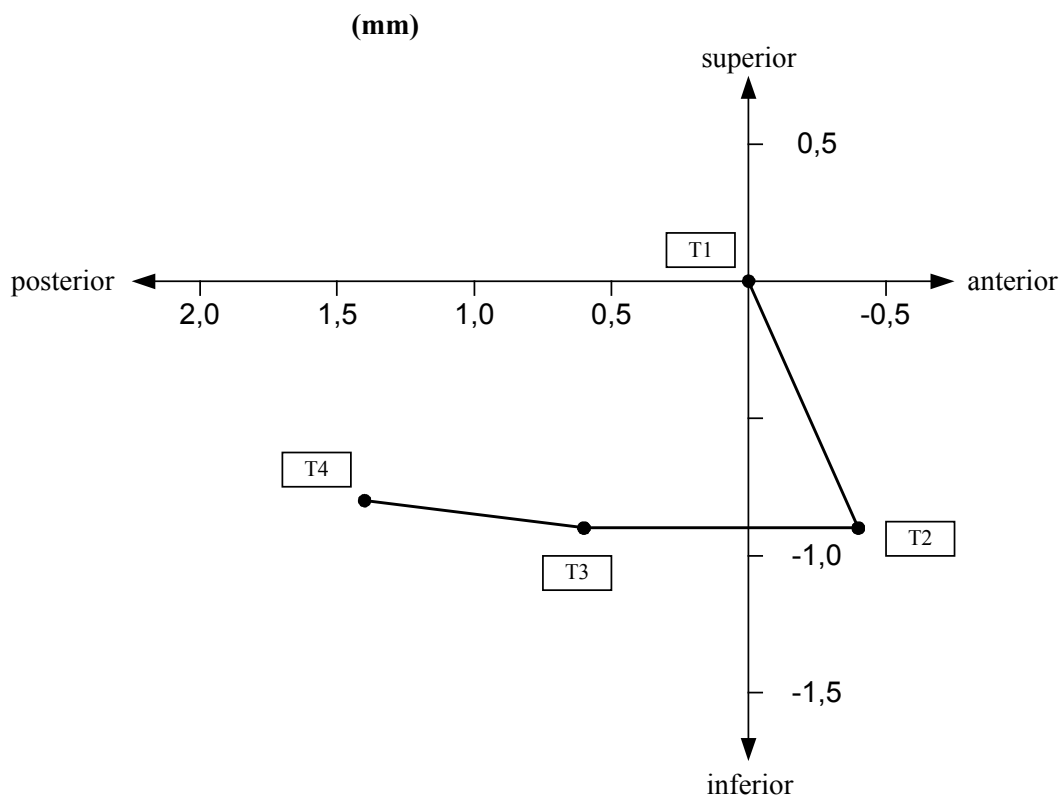


Abb. 12: Durchschnittliche Fossaverlagerung (Co) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen

Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

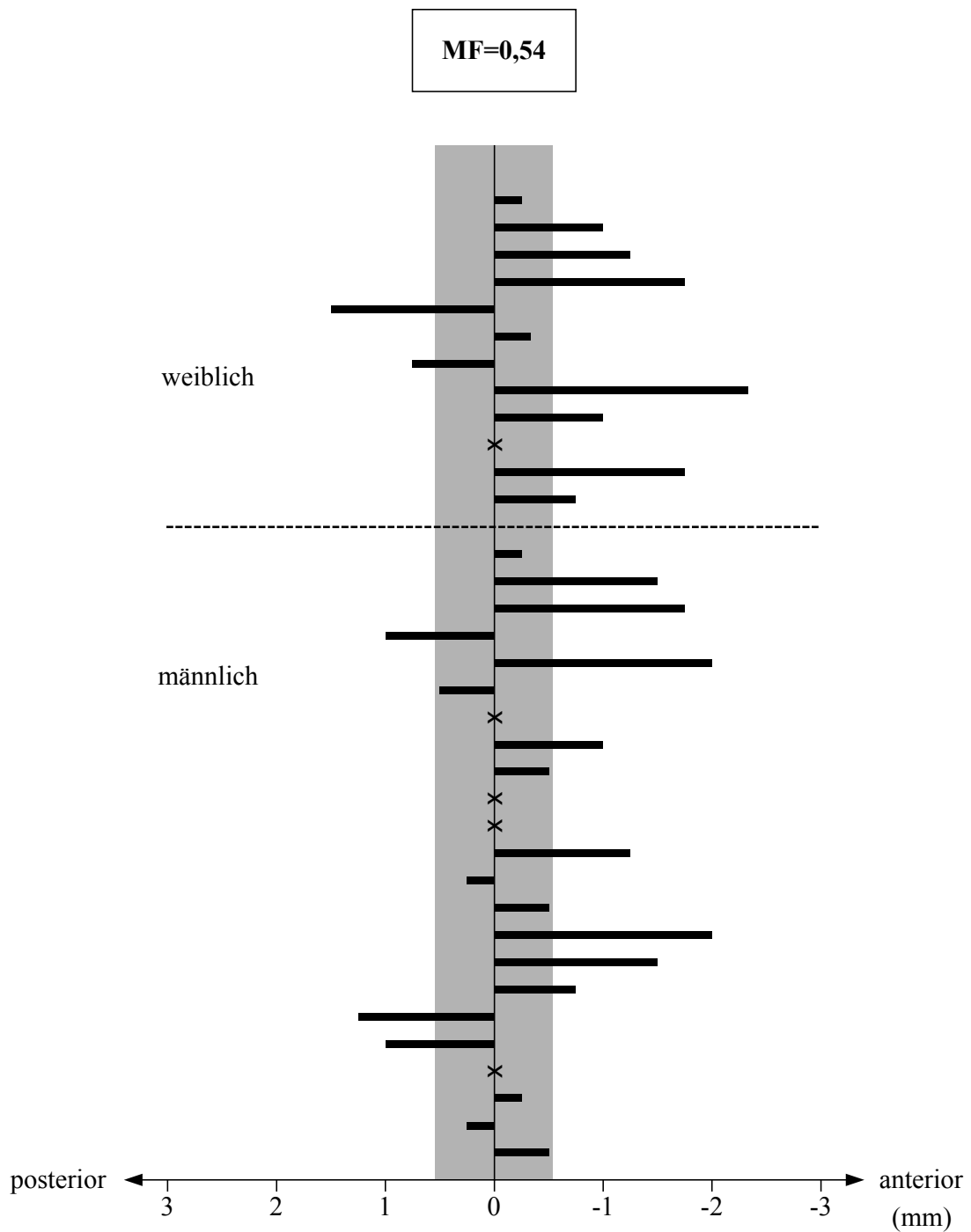


Abb. 13: Individuelle **sagittale Fossaverlagerung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

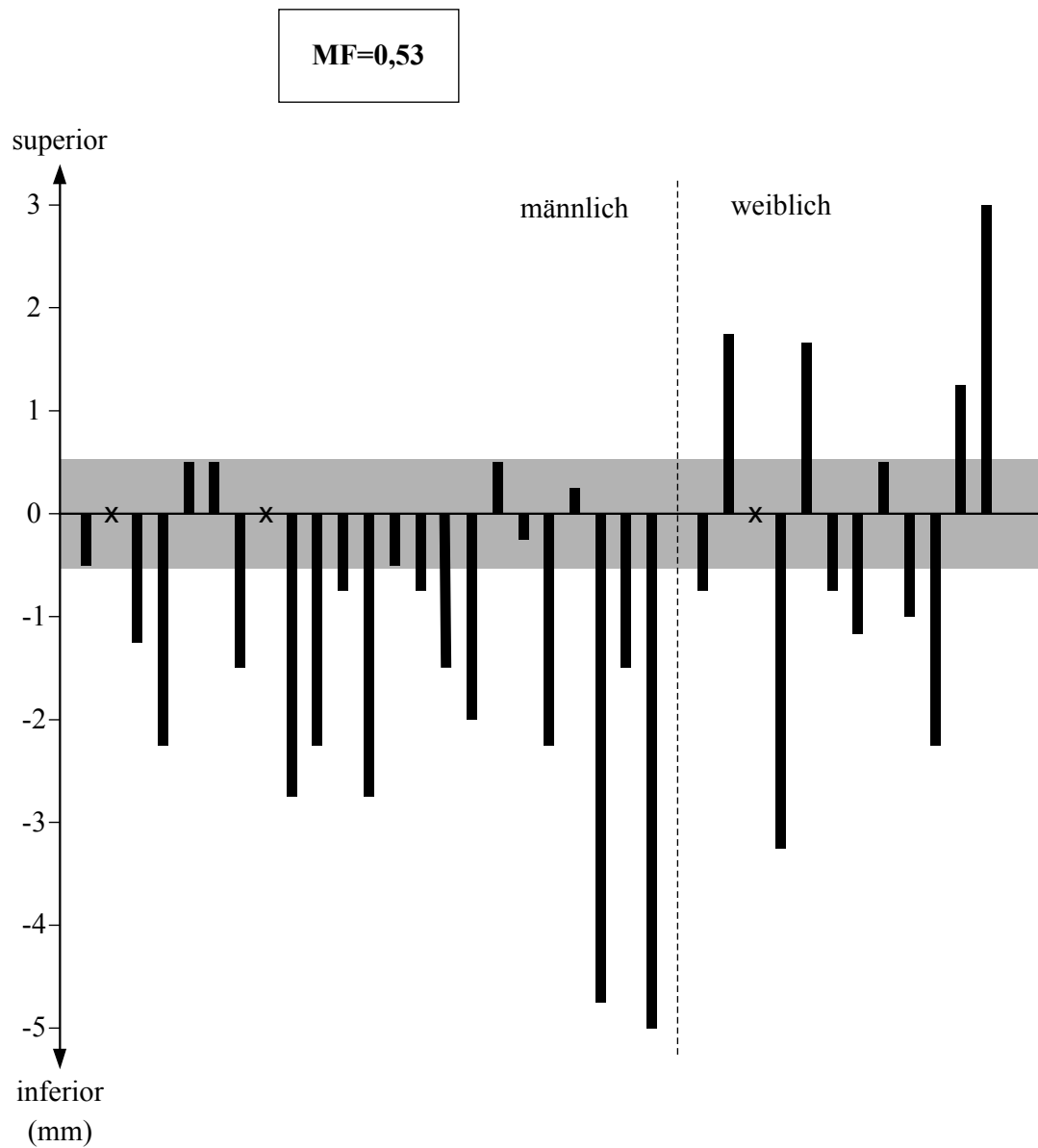


Abb. 14: Individuelle vertikale Fossaverlagerung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T2-T1
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

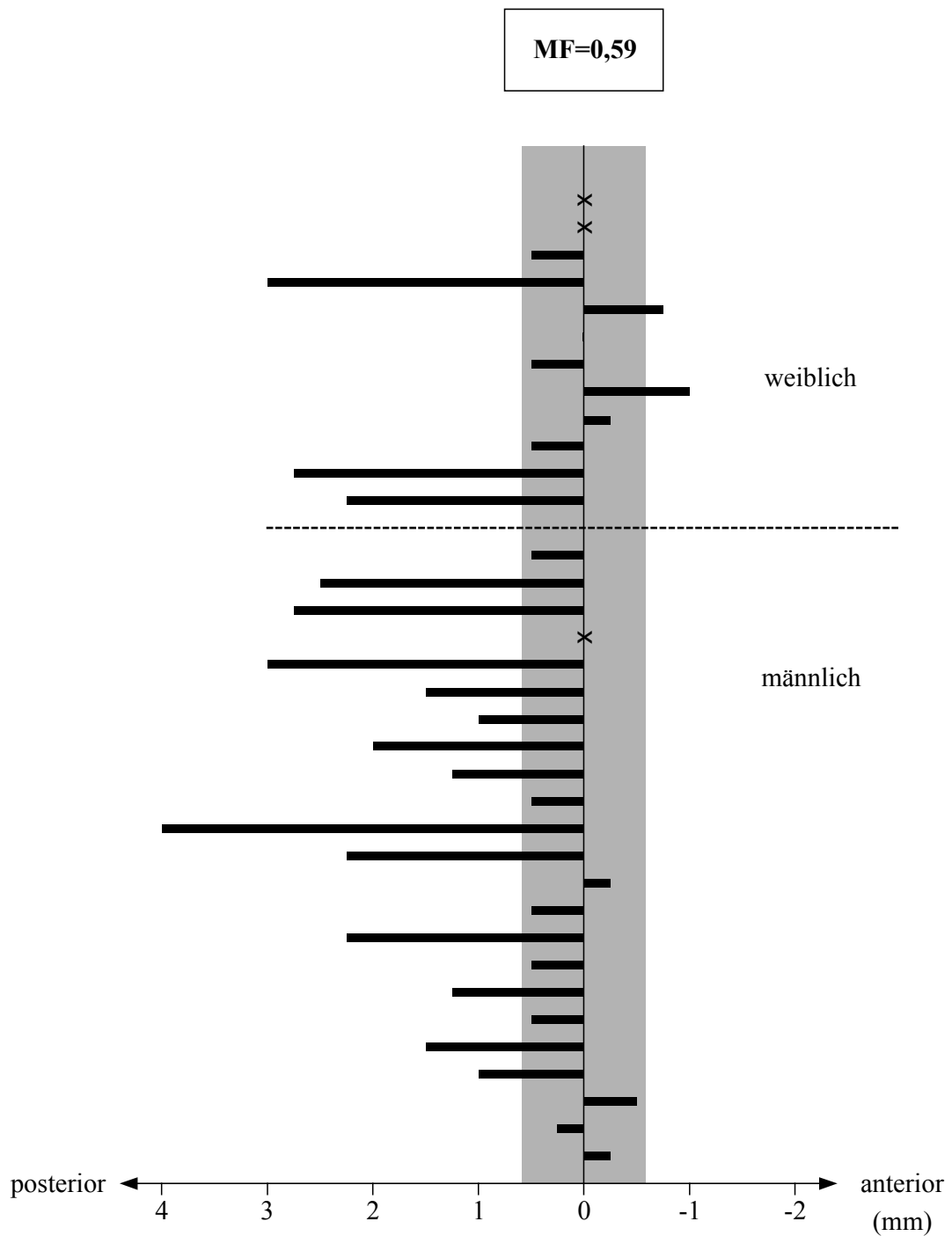


Abb. 15: Individuelle **sagittale Fossaverlagerung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

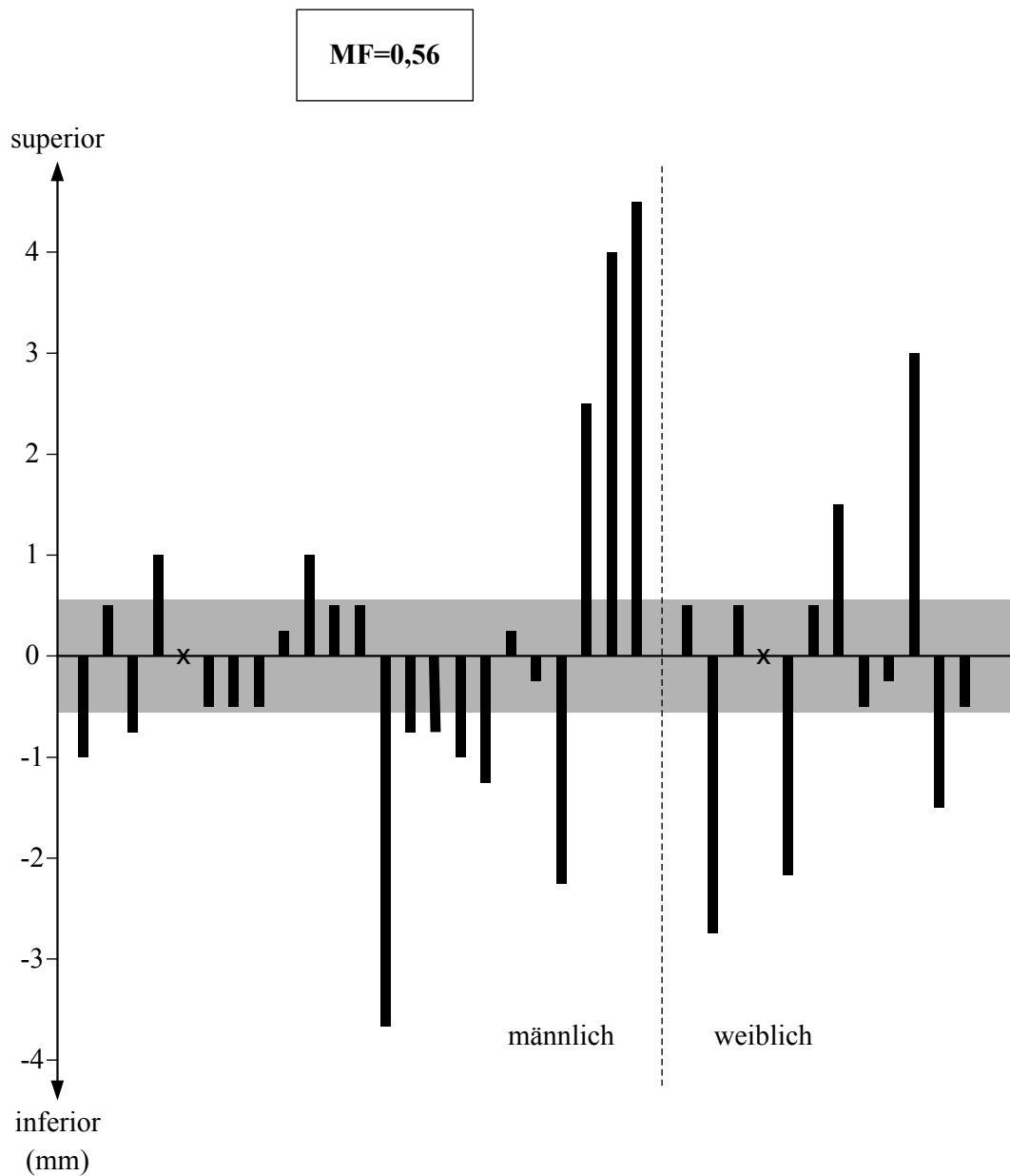


Abb. 16: Individuelle vertikale Fossaverlagerung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T3-T2
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

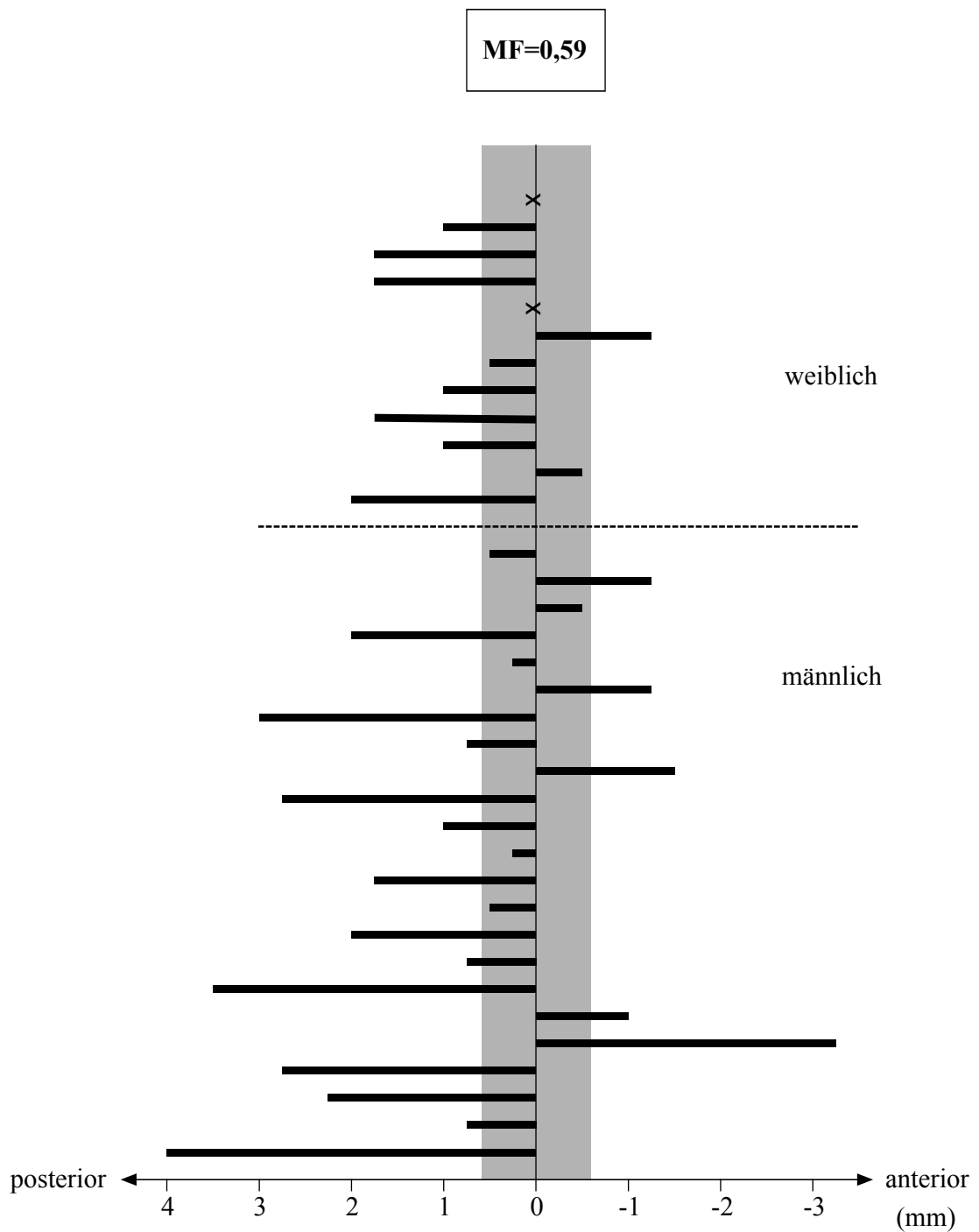


Abb. 17: Individuelle **sagittale Fossaverlagerung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

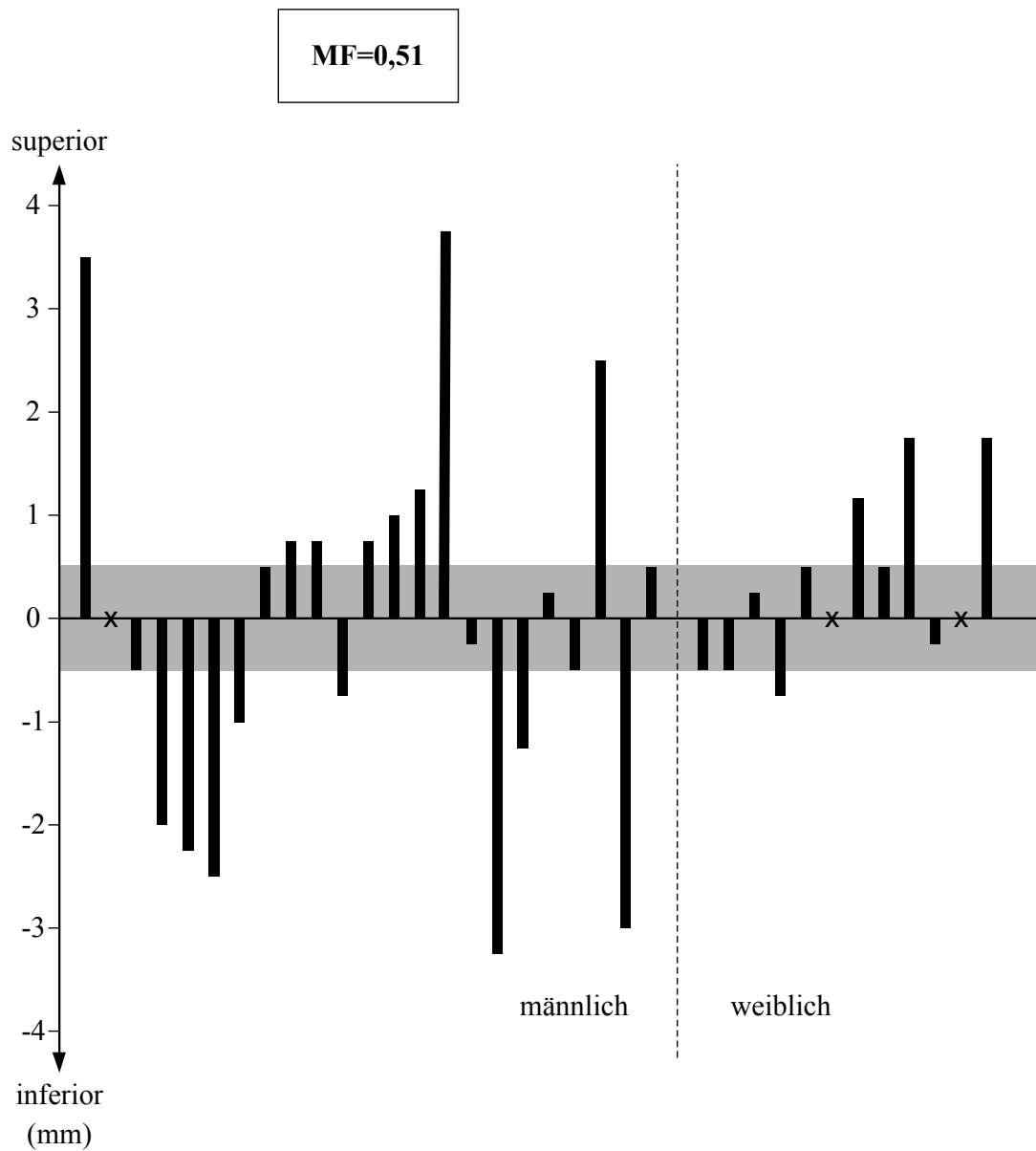


Abb. 18: Individuelle vertikale Fossaverlagerung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T3
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

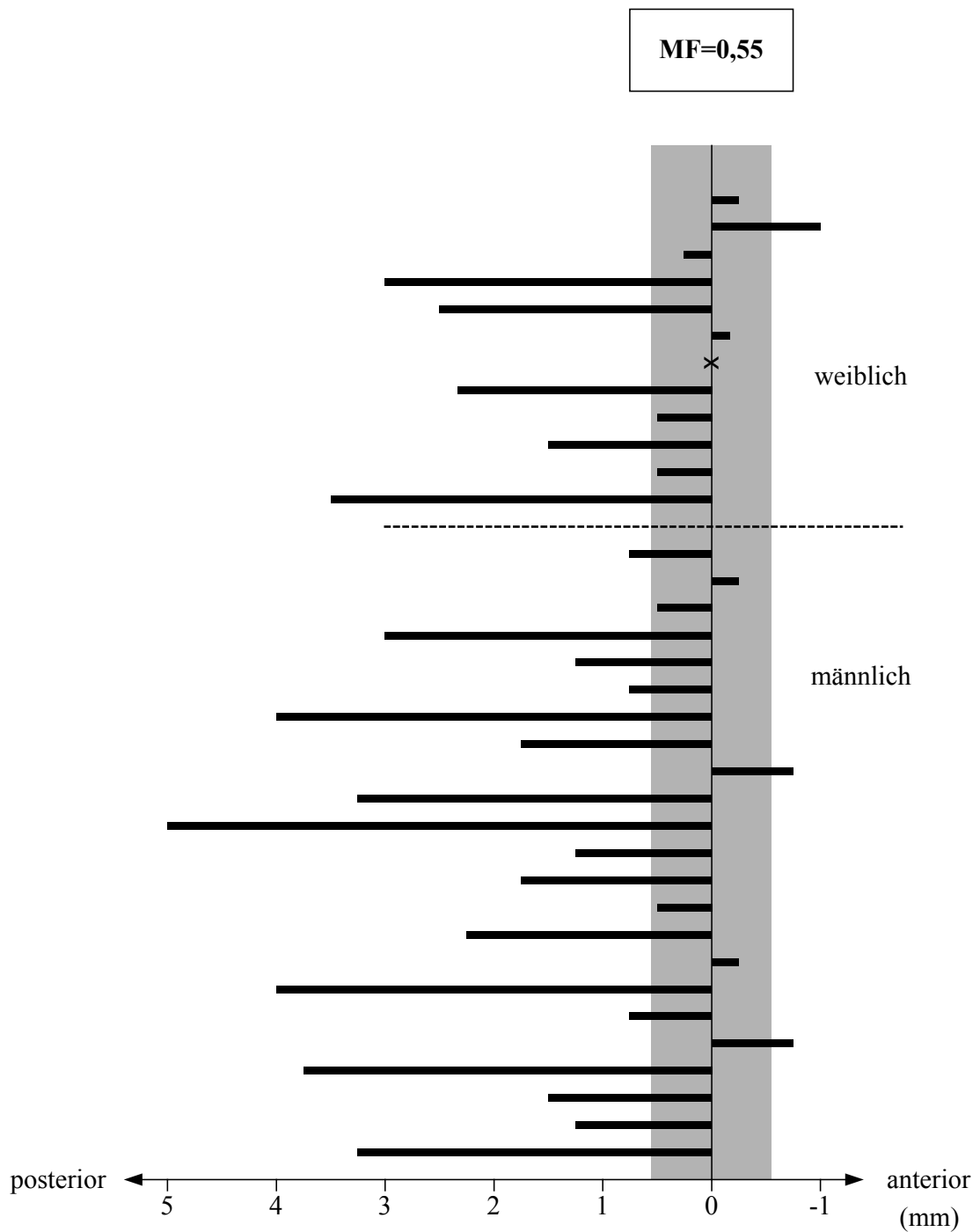


Abb. 19: Individuelle **sagittale Fossaverlagerung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

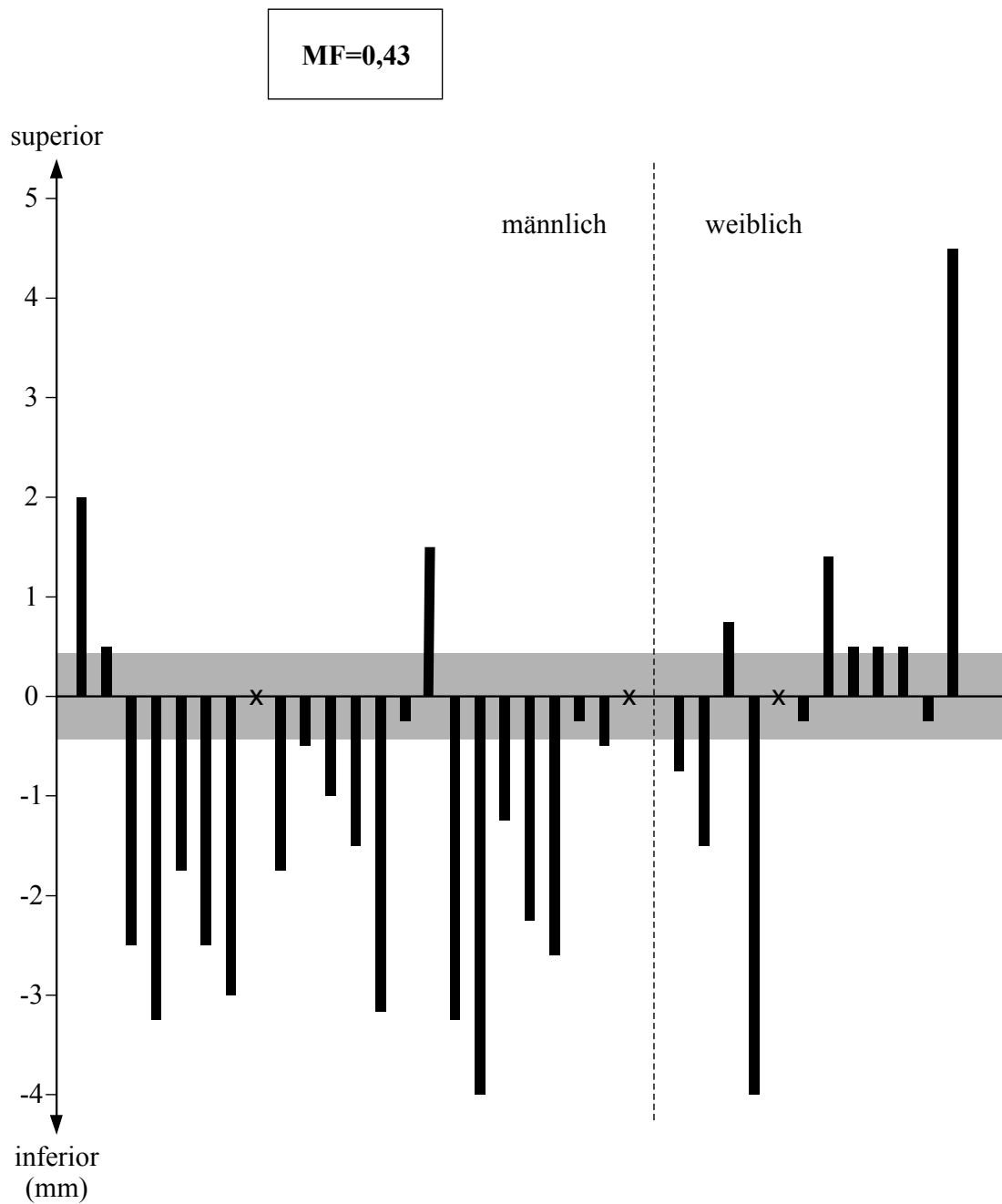


Abb. 20: Individuelle vertikale Fossaverlagerung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T1
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

5.1.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden

(Tab. 4, 6; Abb. 21)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) war in anteriorer Richtung kein Geschlechtsunterschied für die Veränderung des Co-Punktes – als Ausdruck der Fossaverlagerung – zu finden (0,1mm; n.s.). In inferiorer Richtung wiesen männliche Probanden durchschnittlich deutlich größere Co-Veränderungen als weibliche Probanden auf (1,2mm; $p<0,001$).

Während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten wiesen männliche Probanden in posteriorer Richtung durchschnittlich zweimal größere Veränderungen des Co-Punktes als weibliche Probanden (0,6mm; $p<0,01$) auf. Bei den Veränderungen in vertikaler Ebene war kein Geschlechtsunterschied zu finden (0,1mm; n.s.).

Während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss zeigte sich in posteriorer Richtung kein Geschlechtsunterschied (0,1mm; n.s.). In der Vertikalen wiesen weibliche Probanden durchschnittlich eine nach superior und männliche Probanden eine nach inferior ausgerichtete Verlagerung des Co-Punktes auf.

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) zeigten männliche Probanden durchschnittlich sowohl in der Sagittalen (0,6mm; $p<0,05$) als auch Vertikalen (1,5mm; $p<0,01$) eine größere Verlagerung des Co-Punktes als weibliche Probanden auf. Dabei war die Verlagerung bei den männlichen Probanden gleichermaßen nach posterior und inferior und bei den weiblichen Probanden fast ausschließlich nach posterior gerichtet.

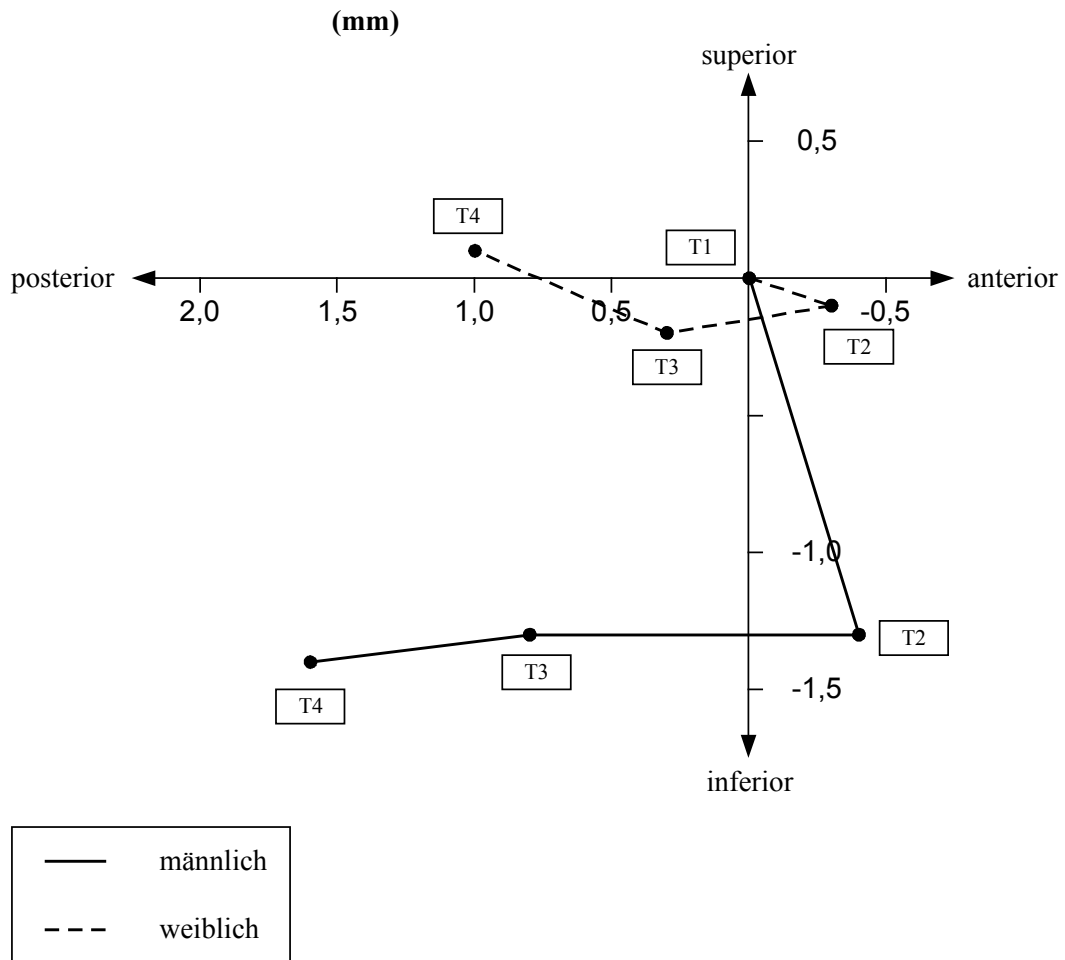


Abb. 21: Durchschnittliche Fossaverlagerung (Co) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden getrennt
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

5.1.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden

(Tab. 4, 8, 9; Abb. 22)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) kam es bei den männlichen Herbst-Probanden durchschnittlich zu einer deutlichen Verlagerung des Co-Punktes – als Ausdruck der Fossaverlagerung – in anteriore (0,4mm; $p < 0,001$) und inferiore Richtung (1,3mm; $p < 0,001$). Bei den unbehandelten Kontroll-Probanden hingegen verzeichnete man für diesen Zeitraum (T2-T1) eine durchschnittlich unbedeutende Verlagerung des Co-Punktes in posteriore (0,2mm; n.s.) und superiore Richtung (0,1mm; n.s.).

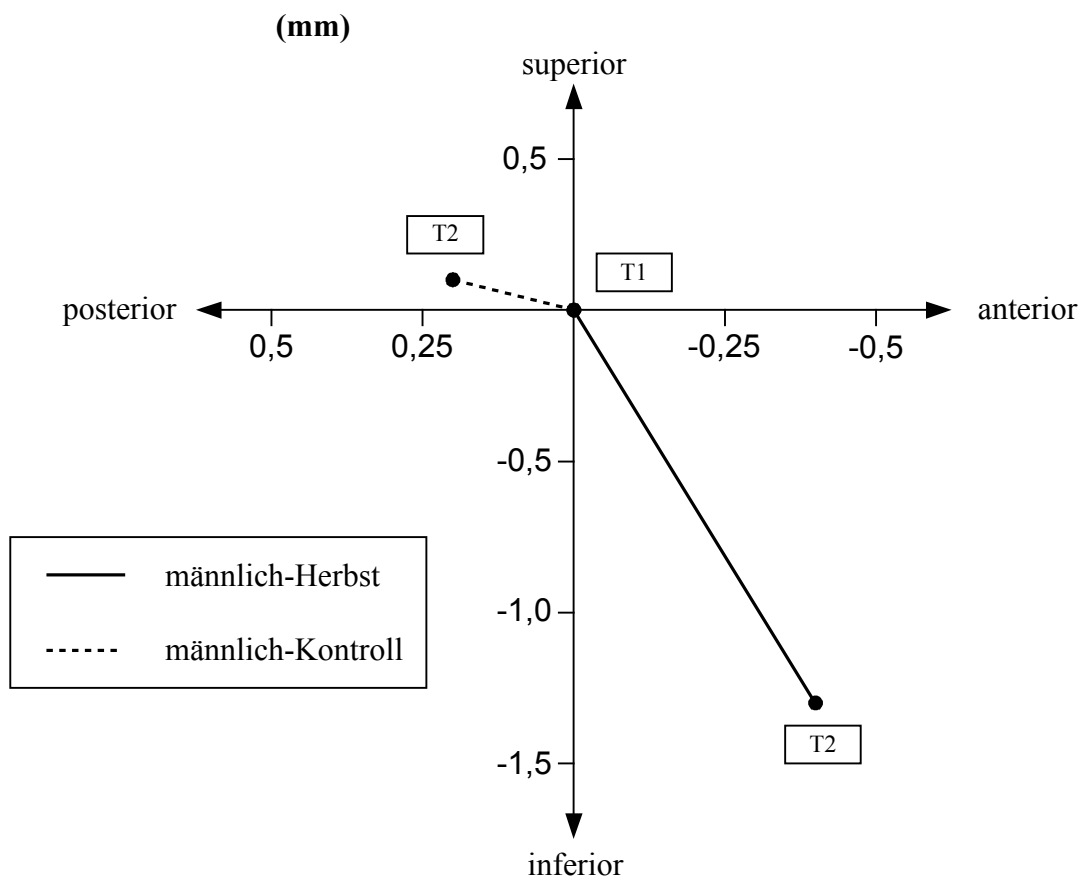


Abb. 22: Durchschnittliche Fossaverlagerung (Co) der 23 männlichen Herbst-Probanden und der 12 männlichen Kontroll-Probanden
Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung

5.2 Kondyluswachstum

Gemessen wurde die Verlagerung des Co-Punktes nach Unterkieferüberlagerung der Röntgenbilder.

5.2.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen

(Tab. 4; Abb. 23-31)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) zeigten männliche und weibliche Probanden zusammen eine durchschnittliche Verlagerung des Co-Punktes – als Ausdruck des Kondyluswachstums – in posteriore (1,8mm; $p<0,001$) und superiore Richtung (2,9mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers verlagerte sich der Co-Punkt bei 29 (83%) der 35 Probanden nach posterior. Kein Proband zeigte eine Verlagerung nach anterior auf (Abb. 24). Weiterhin war bei 33 Probanden (91%) eine Superiorverlagerung des Co-Punktes zu sehen. Eine Verlagerung nach inferior war nicht nachweisbar (Abb. 25).

In der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten wurde die Verlagerungsrichtung des Co-Punktes durchschnittlich weiterhin nach posterior (0,8mm; $p<0,001$) und superior (1,9mm; $p<0,001$) beibehalten, wobei das Wachstumspotential im Vergleich zum aktiven Behandlungszeitraum (T2-T1) herabgesetzt war. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers erfolgte bei 12 (34%) der 35 Probanden eine Verlagerung des Co-Punktes nach posterior und bei 4 (11%) Probanden nach anterior (Abb. 26). In der Vertikalen zeigten 21 Probanden (60%) eine Superiorverlagerung und 3 Probanden (9%) eine Inferiorverlagerung des Co-Punktes auf (Abb. 27).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss setzte sich die Verlagerung des Co-Punktes durchschnittlich nach posterior (1,7mm; $p<0,001$) und superior (4,6mm; $p<0,001$) fort. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 22 (63%) der 35 Probanden zu einer Verlagerung nach posterior und bei 4 Probanden (11%) nach anterior (Abb. 28).

Bei 29 Probanden (83%) war eine Co-Punkt-Verlagerung nach superior, bei 2 Probanden (6%) nach inferior zu verzeichnen (Abb. 29).

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) zeigte sich eine signifikante Verlagerung des Co-Punktes in posteriore (4,3mm; $p<0,001$) und superiore Richtung (9,4mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 32 (91%) der 35 Probanden zu einer Posteriorverlagerung, bei 1 Probanden (3%) war eine Anteriorverlagerung des Co-Punktes zu verzeichnen (Abb. 30). 34 (97%) Probanden zeigten eine superiore Verlagerung auf; in inferiorer Richtung war keine Verlagerung des Co-Punktes festzustellen (Abb. 31).

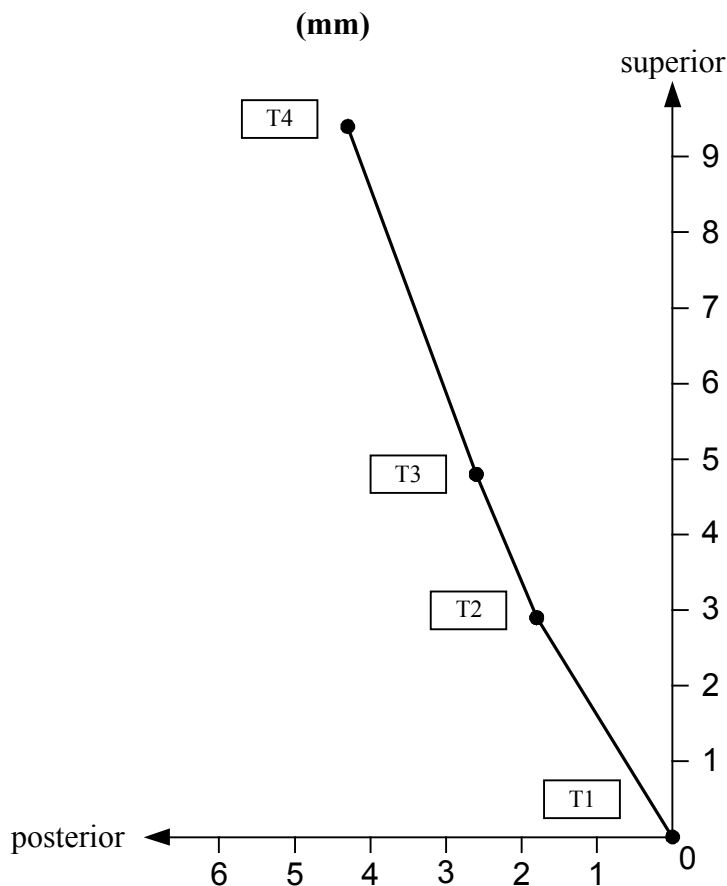


Abb. 23: Durchschnittliches Kondyluswachstum (Co) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen

Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

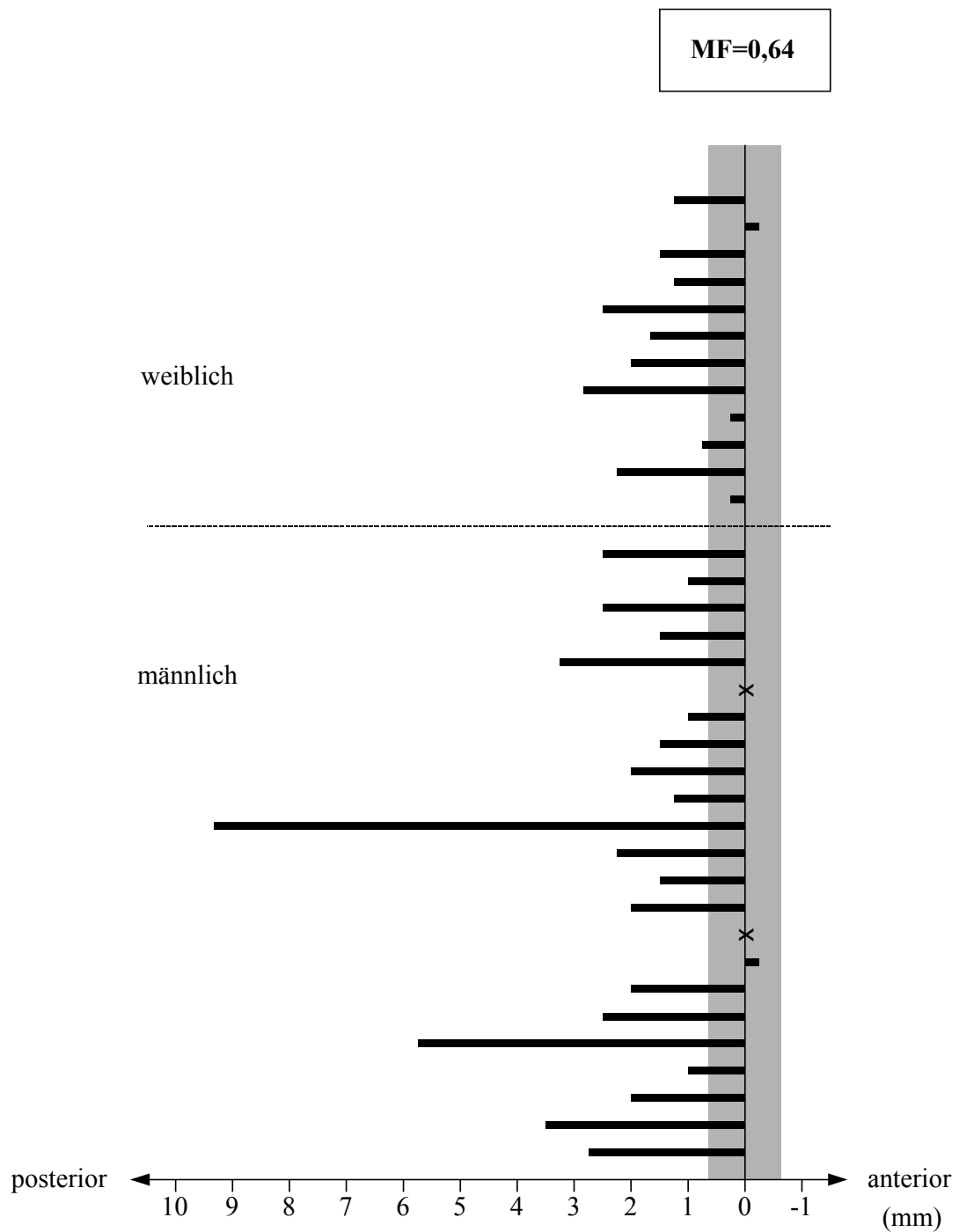


Abb. 24: Individuelles **sagittales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

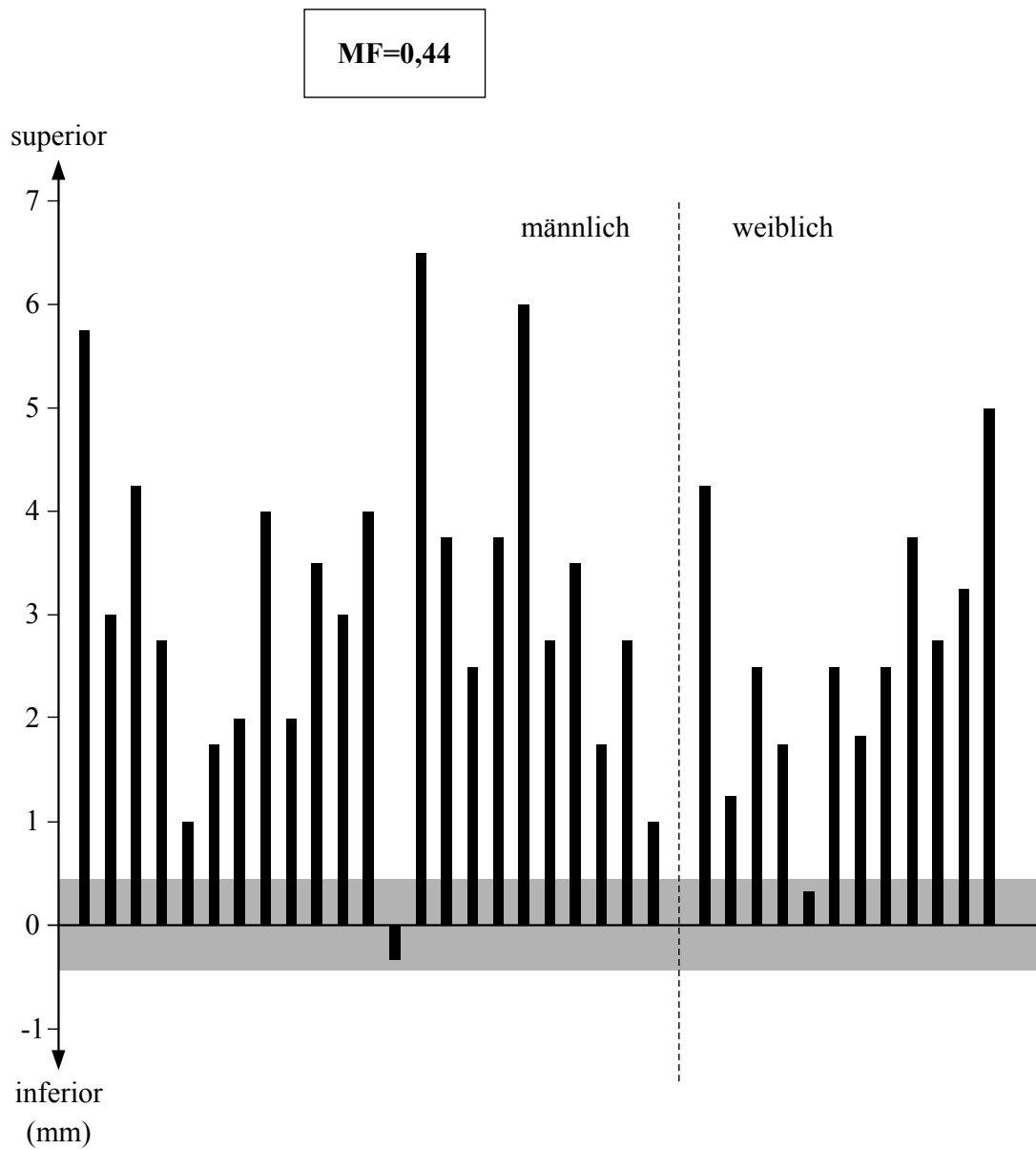


Abb. 25: Individuelles **vertikales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T2-T1

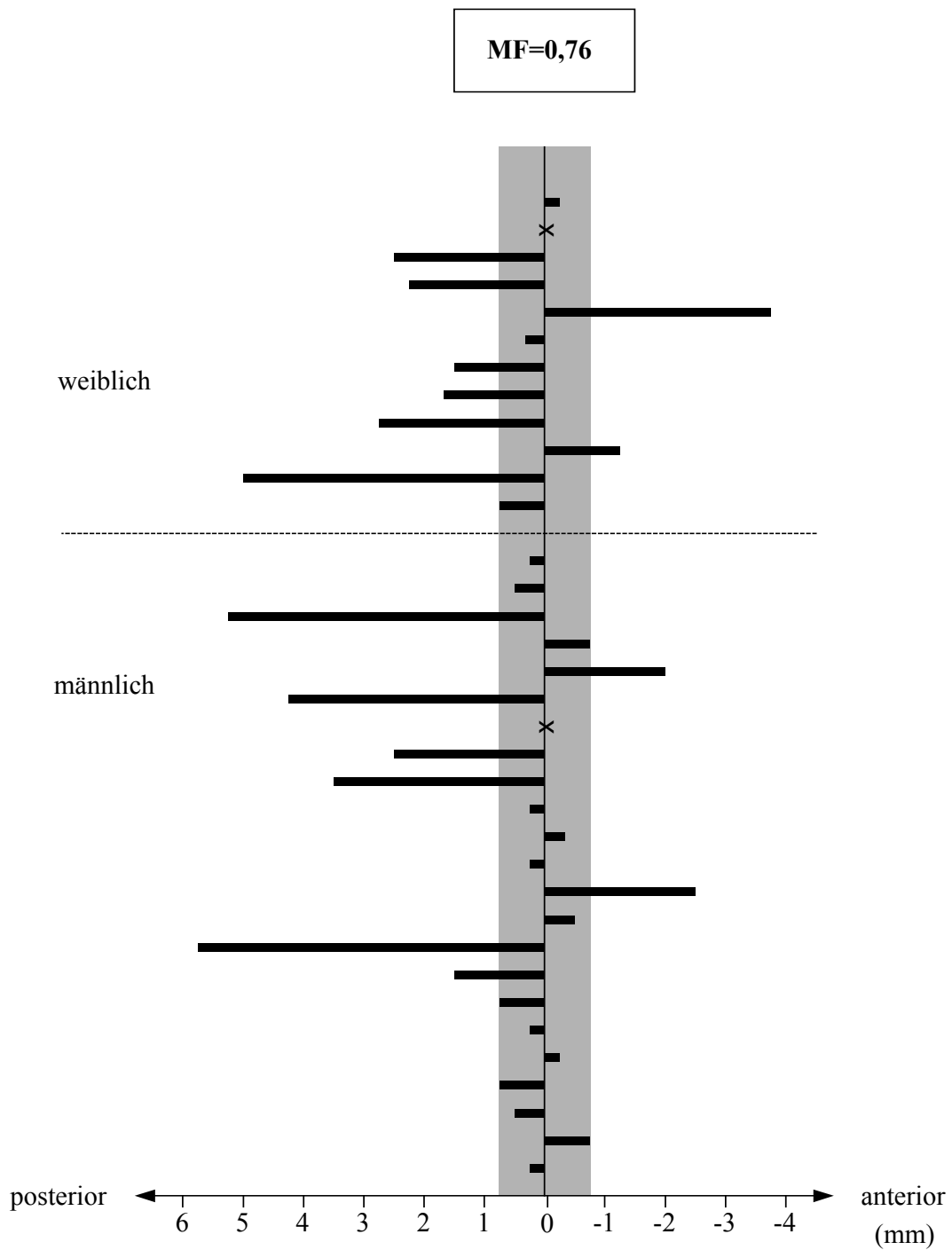


Abb. 26: Individuelles **sagittales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

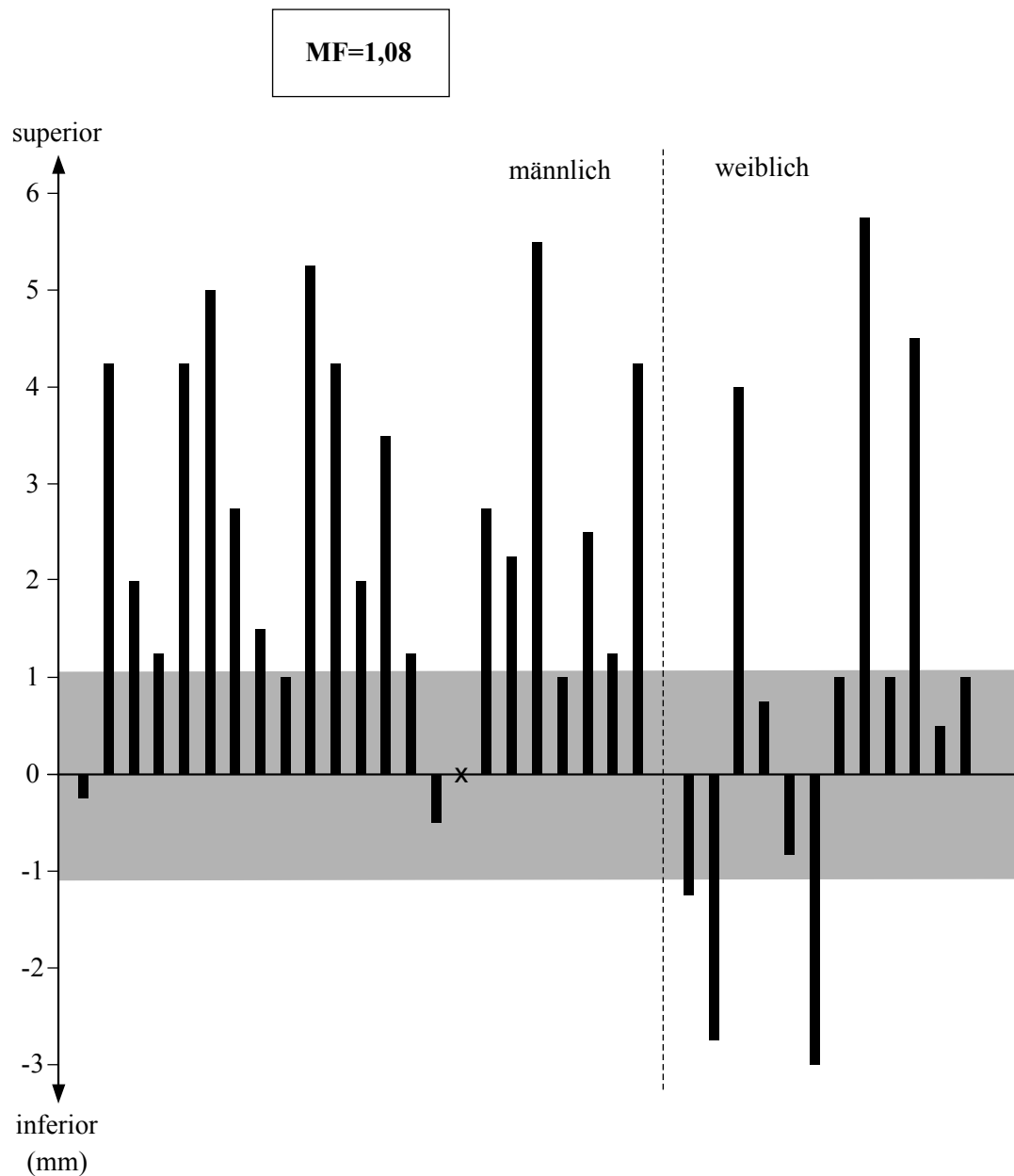


Abb. 27: Individuelles **vertikales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

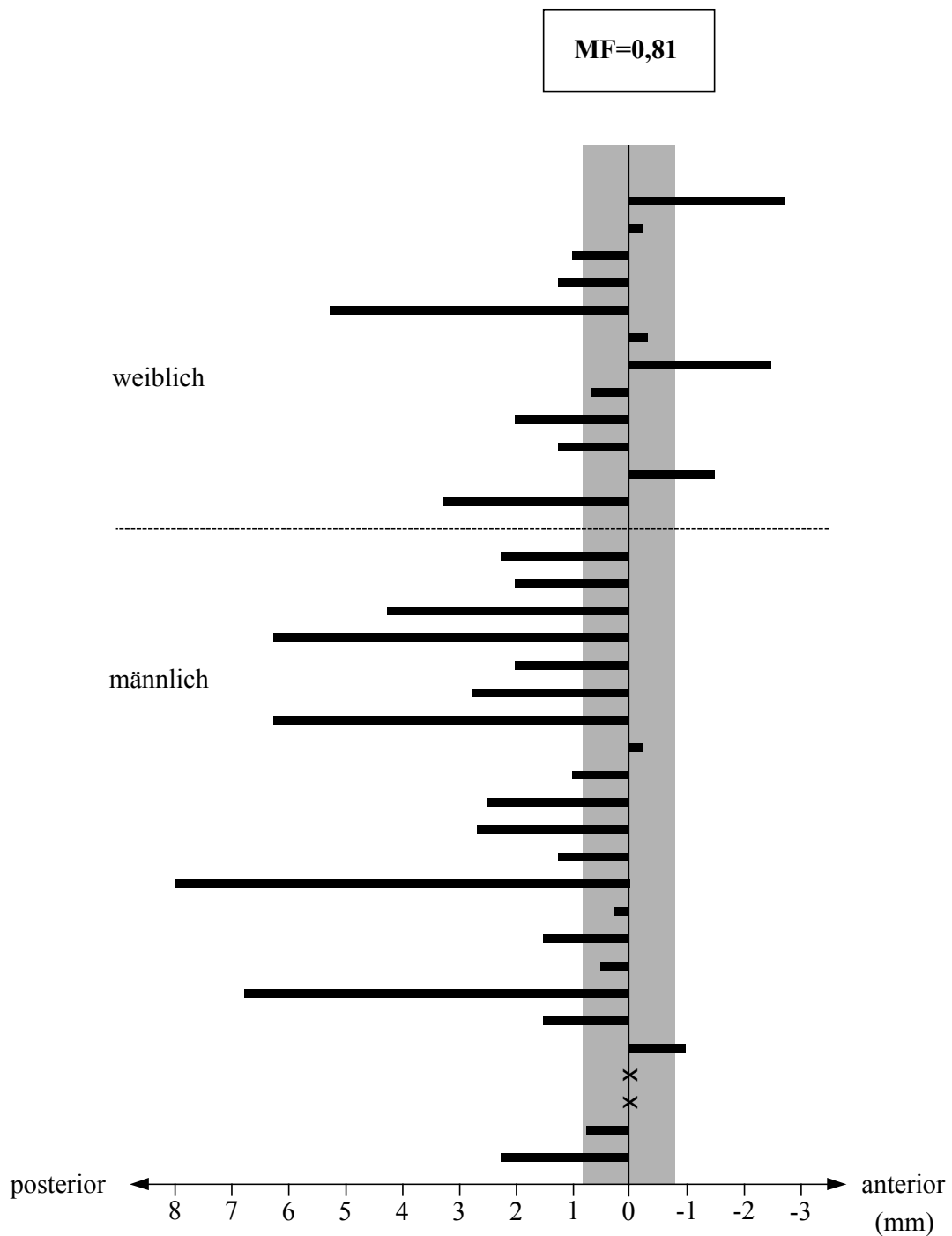


Abb. 28: Individuelles **sagittales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

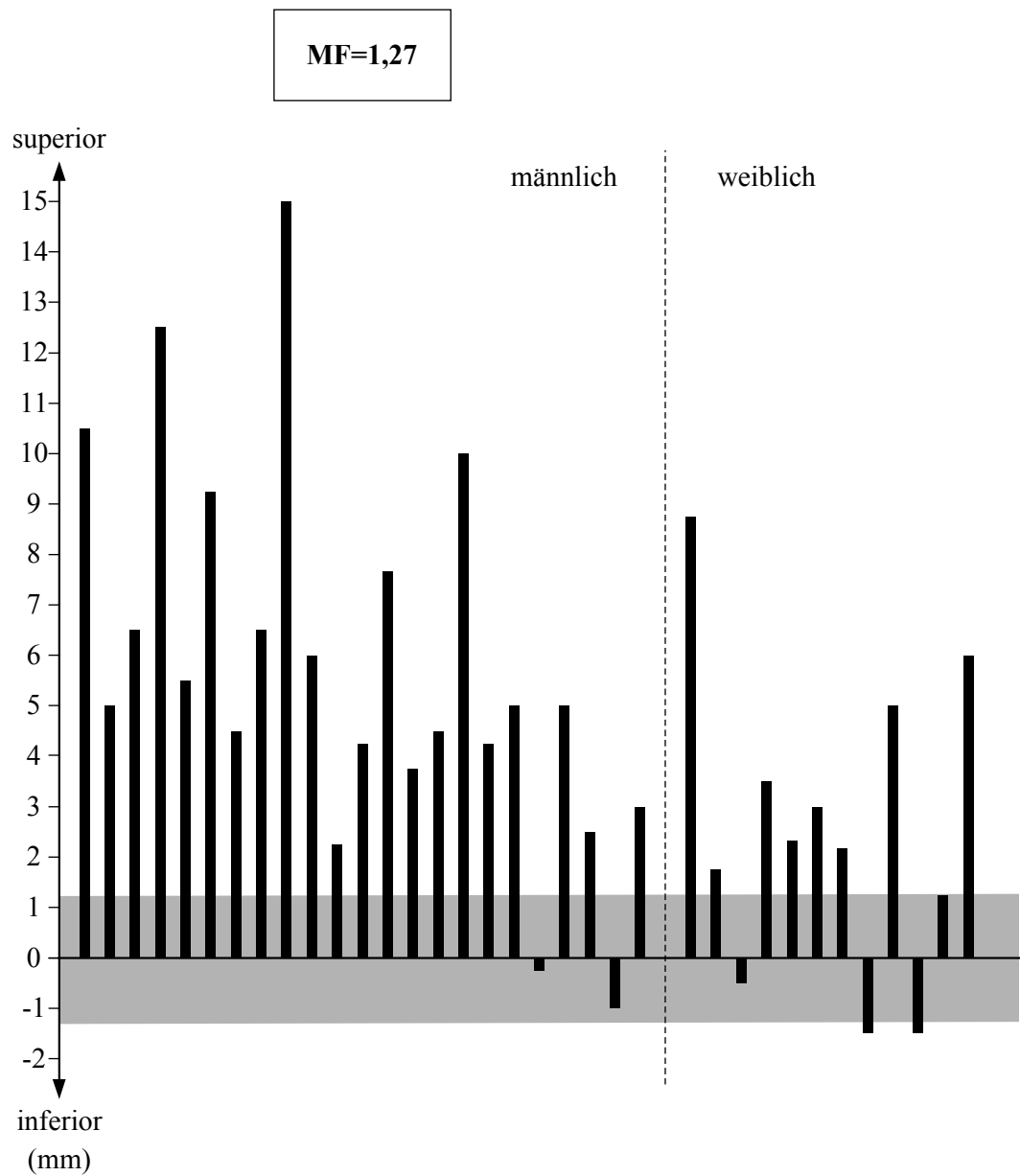


Abb. 29: Individuelles **vertikales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T3

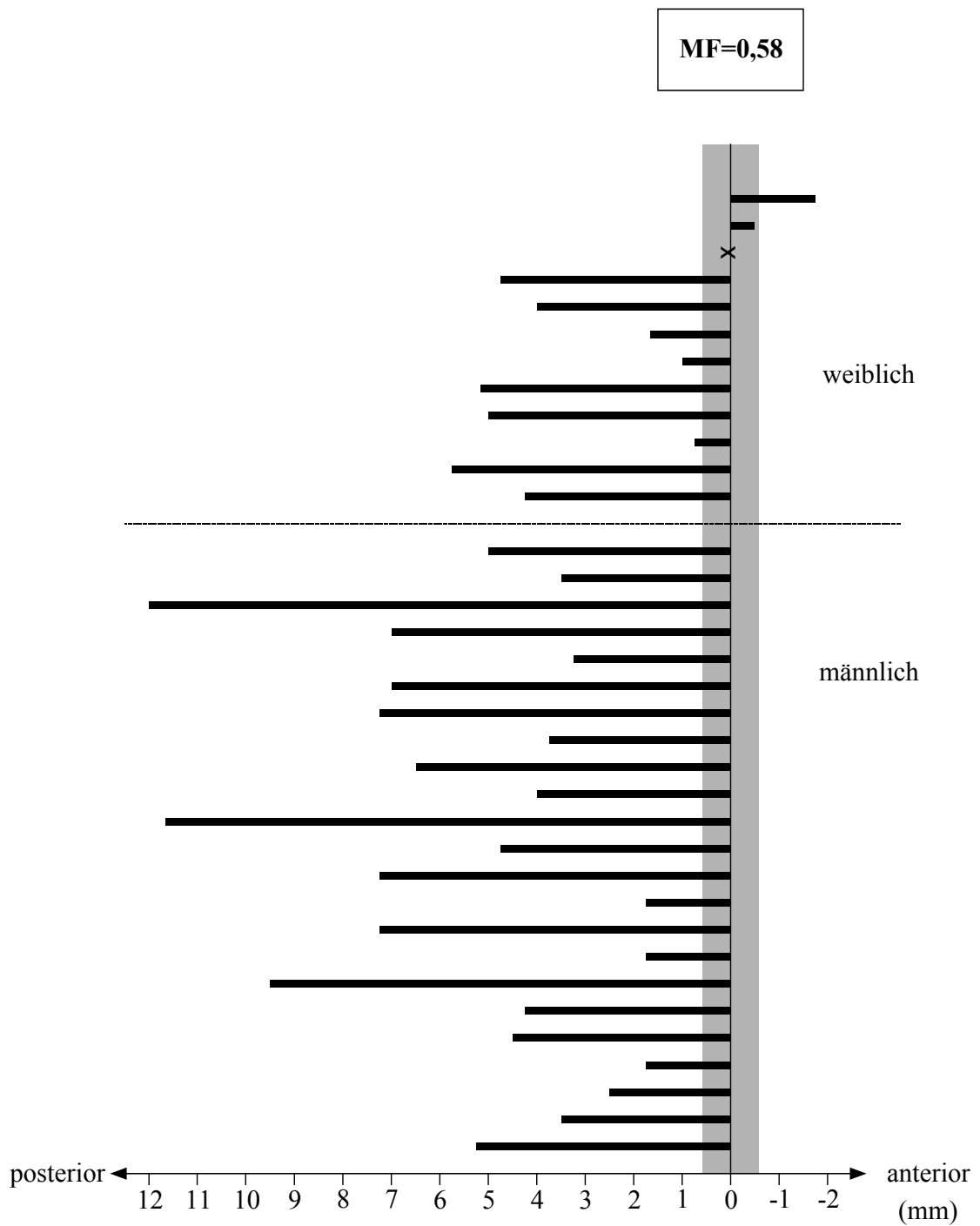


Abb. 30: Individuelles **sagittales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

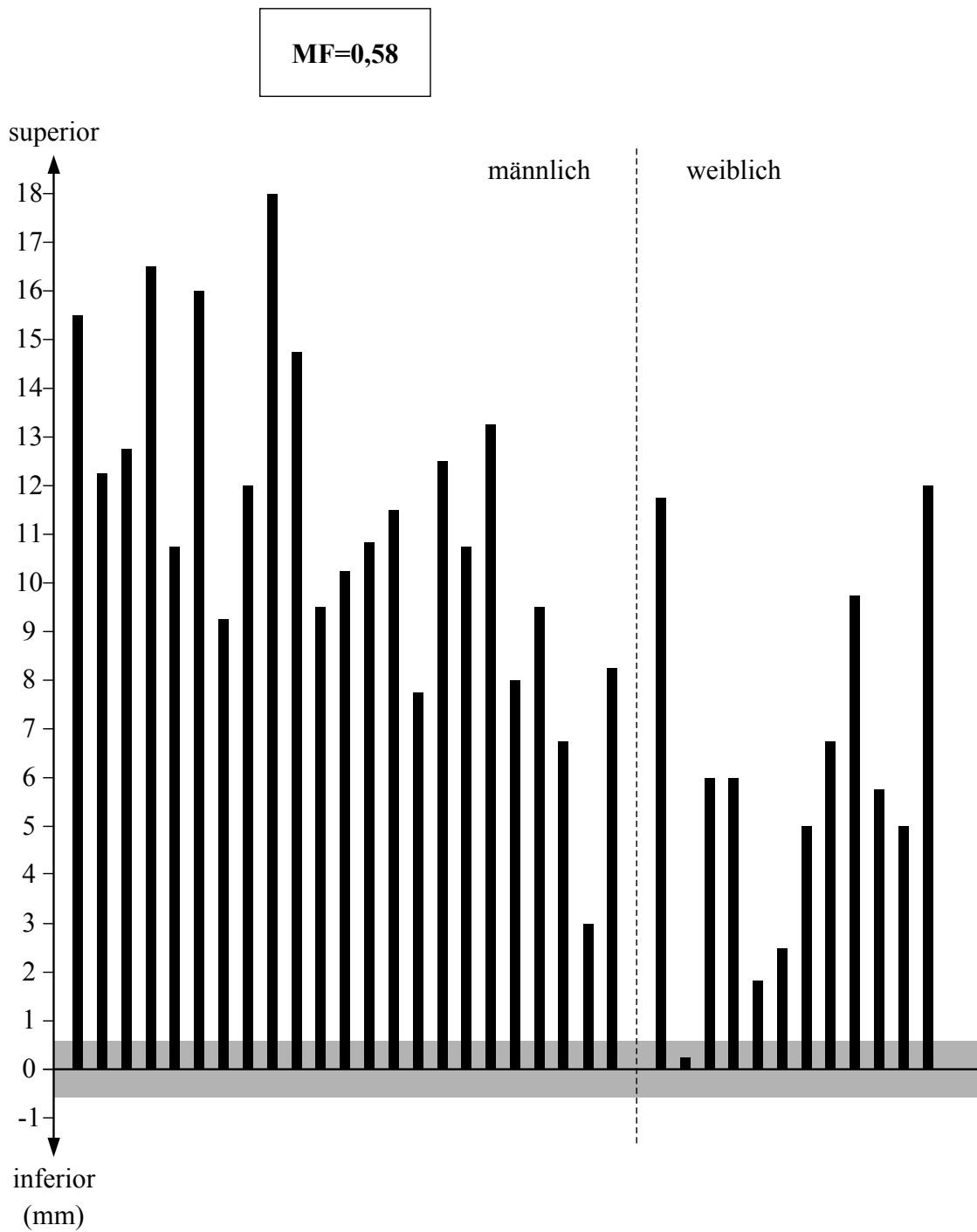


Abb. 31: Individuelles **vertikales Kondyluswachstum** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**

5.2.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden

(Tab. 4, 6; Abb. 32)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) wiesen männliche Probanden durchschnittlich sowohl in posteriorer (1,0mm; $p<0,001$) als auch superiorer Richtung (0,5mm; $p<0,001$) eine größere Verlagerung des Co-Punktes – als Ausdruck des Kondyluswachstums – als weibliche Probanden auf.

Während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten zeigte sich in posteriorer Richtung kein Geschlechtsunterschied (0,4mm; n.s.). In superiorer Richtung wiesen männliche Probanden durchschnittlich größere Verlagerungswerte des Co-Punktes als weibliche Probanden auf (1,6mm; $p<0,001$).

Während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wiesen männliche Probanden durchschnittlich eine größere Verlagerung des Co-Punktes sowohl in posteriorer (1,7mm; $p<0,001$) als auch superiorer Richtung (3,2mm; $p<0,001$) auf.

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) wiesen männliche Probanden im Vergleich zu weiblichen Probanden durchschnittlich annähernd eine doppelt so große Verlagerung des Co-Punktes in superiorer (3,1mm; $p<0,001$) als auch in posteriorer Richtung (5,3mm; $p<0,001$) auf.

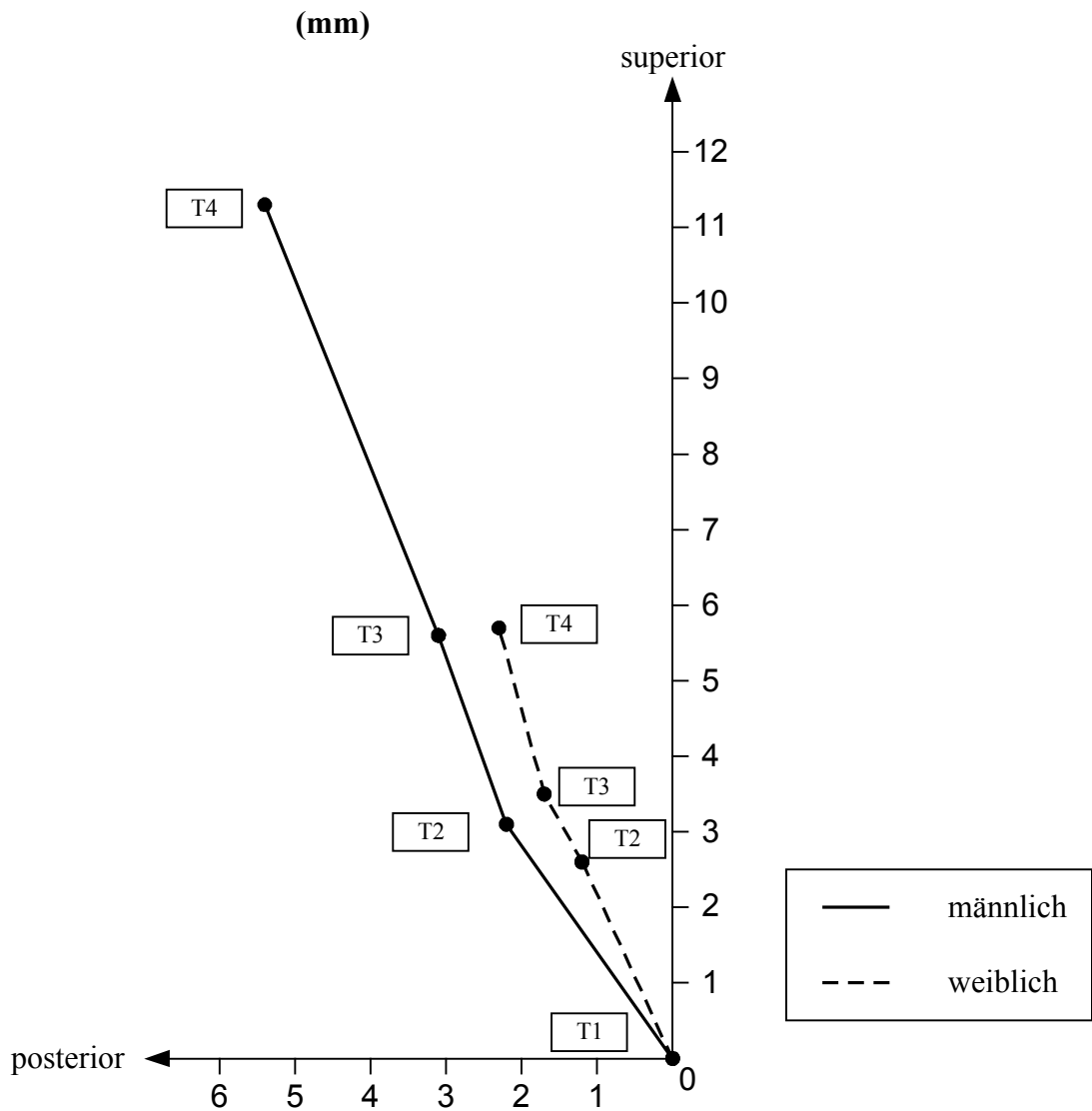


Abb. 32: Durchschnittliches Kondyluswachstum (Co) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden getrennt
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

5.2.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden

(Tab. 4, 8, 9; Abb. 33)

Die 7,5-monatige Behandlung (T2-T1) bewirkte bei den Herbst-Probanden durchschnittlich eine deutliche Verlagerung des Co-Punktes – als Ausdruck des Kondyluswachstums – nach posterior (2,2mm; $p<0,001$) und superior (3,1mm; $p<0,001$), während die unbehandelten Kontroll-Probanden innerhalb dieses Zeitraumes durchschnittlich eine superioren Verlagerung des Co-Punktes (1,6mm; $p<0,001$) einhergehend mit einer unbedeutenden Verlagerung in posteriore (0,1mm; n.s.) Richtung aufwiesen.

Insgesamt gesehen wiesen die Herbst-Probanden im Vergleich zu den Kontroll-Probanden durchschnittlich deutlich höhere Verlagerungswerte in posteriorer (2,1mm; $p<0,001$) und auch superiorer Richtung (1,5mm; $p<0,001$) auf.

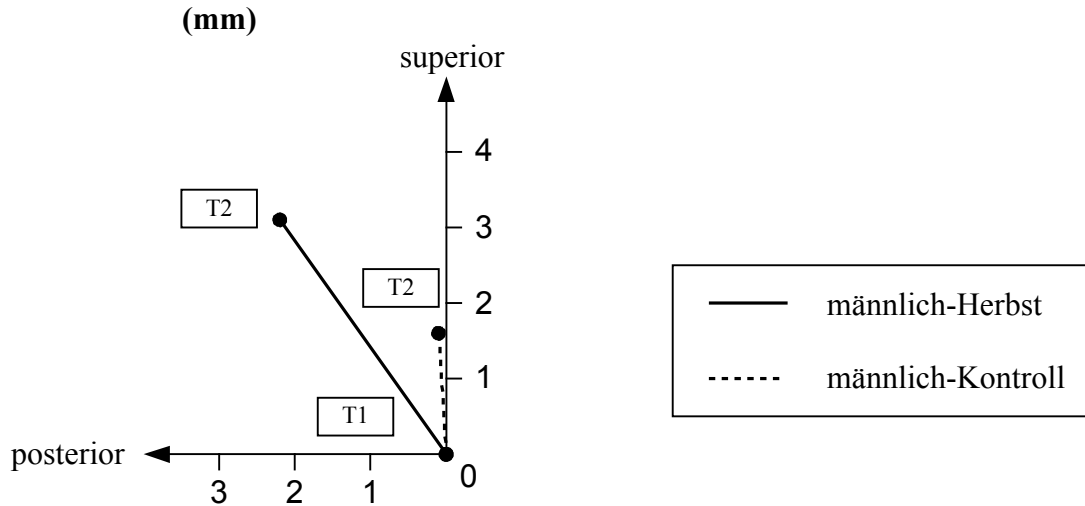


Abb. 33: Durchschnittliches Kondyluswachstum (Co) der 23 männlichen Herbst-Probanden und der 12 männlichen Kontroll-Probanden
Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung

5.3 „Effektive“ Kiefergelenksveränderung

Gemessen wurde die Verlagerung des Co-A-Punktes nach Unterkieferüberlagerung der Röntgenbilder.

5.3.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen

(Tab. 4; Abb. 34-42)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) zeigte sich beim männlichen und weiblichen Geschlecht zusammen durchschnittlich eine deutliche Verlagerung des Co-A-Punktes – als Ausdruck der „effektiven“ Kiefergelenksveränderung – nach posterior (2,2mm; $p<0,001$) und superior (3,9mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers verlagerte sich der Co-A-Punkt bei 32 (91%) der 35 Probanden nach posterior. Kein Proband zeigte eine Verlagerung nach anterior auf (Abb. 35). Weiterhin war bei 33 Probanden (94%) eine Superiorverlagerung des Co-A-Punktes zu sehen. Eine Verlagerung nach inferior war nur bei 1 Probanden (3%) festzustellen (Abb. 36).

In der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten schwenkte die Verlagerung des Co-A-Punktes durchschnittlich gering nach anterior (0,1mm; $p<0,001$) um bei sich fortsetzender Verlagerung in superioren Richtung (1,9mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers erfolgte bei 9 (26%) der 35 Probanden eine Verlagerung des Co-A-Punktes nach posterior und bei 6 (17%) Probanden nach anterior (Abb. 37). In der Vertikalen zeigten 25 Probanden (71%) eine Superiorverlagerung und 4 Probanden (11%) eine Inferiorverlagerung des Co-A-Punktes auf (Abb. 38).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss verlagerte sich der Co-A-Punkt durchschnittlich signifikant nach posterior (0,9mm; $p<0,001$) und superior (4,3mm; $p<0,001$). Es dominierte deutlich die Verlagerung nach superior. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 15 (43%) der 35 Probanden zu einer Verlagerung des Co-A-Punktes nach posterior und bei 5 Probanden (14%) nach anterior (Abb. 39). Bei 29 Probanden (83%)

war eine Co-A-Punkt-Verlagerung nach superior und bei 4 Probanden (11%) nach inferior zu verzeichnen (Abb. 40).

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) resultierte durchschnittlich eine Verlagerung des Co-A-Punktes nach posterior (3,0mm; $p<0,001$) und sehr deutlich nach superior (10,1mm; $p<0,001$). Dabei betrug das Verlagerungspotential in superiorer Richtung mehr als das Dreifache des Verlagerungsausmaßes nach posterior. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 29 (83%) der 35 Probanden zu einer Posteriorverlagerung, bei 2 Probanden (6%) war eine Anteriorverlagerung des Co-A-Punktes zu verzeichnen (Abb. 41). Alle 35 Probanden (100%) zeigten eine superioren Verlagerung des Co-A-Punktes auf (Abb. 42).

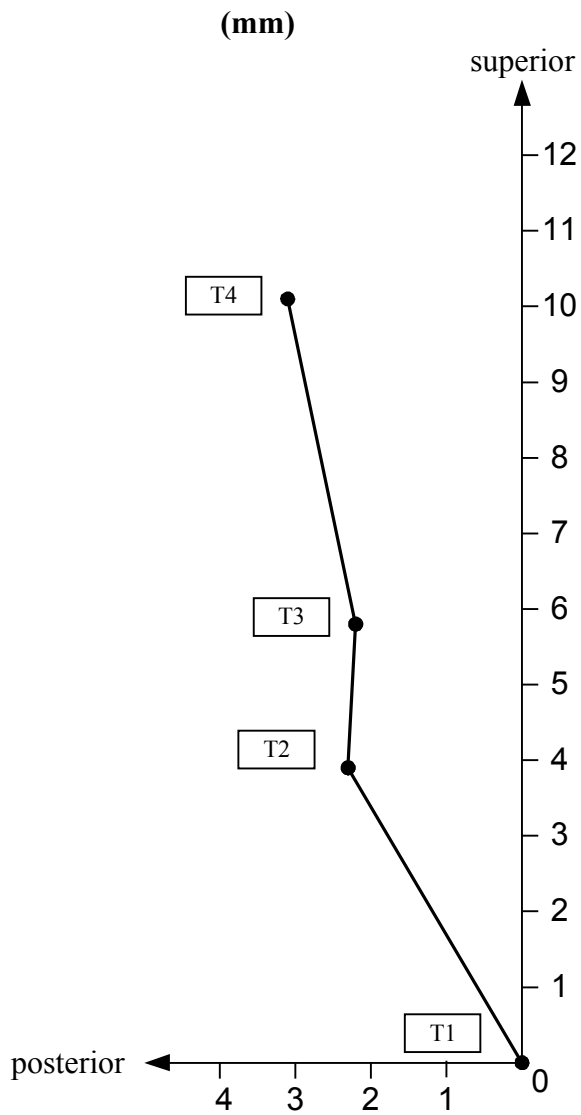


Abb. 34: Durchschnittliche „effektive“ Kiefergelenksveränderung (Co-A) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

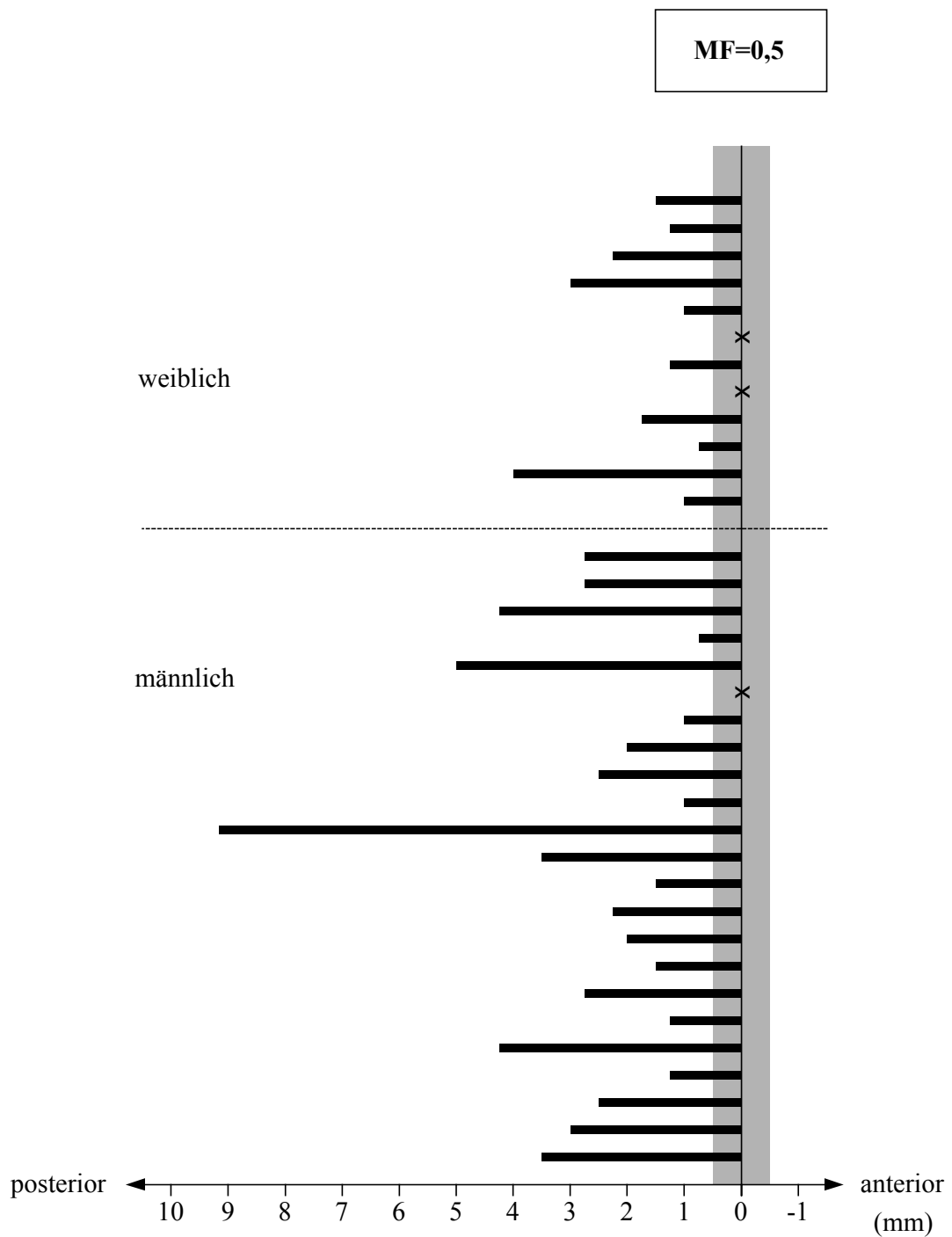


Abb. 35: Individuelle **sagittale „effektive“ Kiefergelenksveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

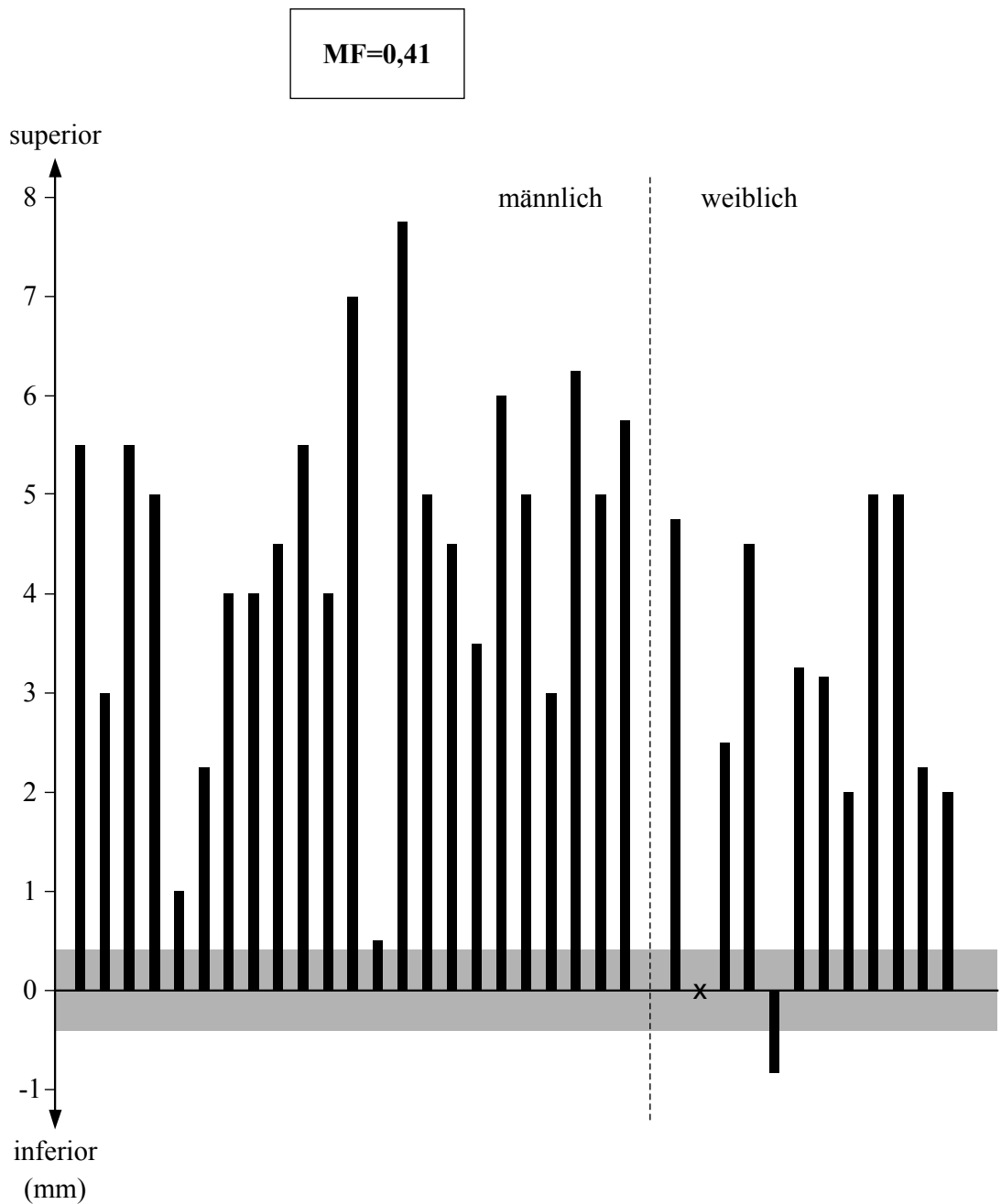


Abb. 36: Individuelle vertikale „effektive“ Kiefergelenksveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T2-T1
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

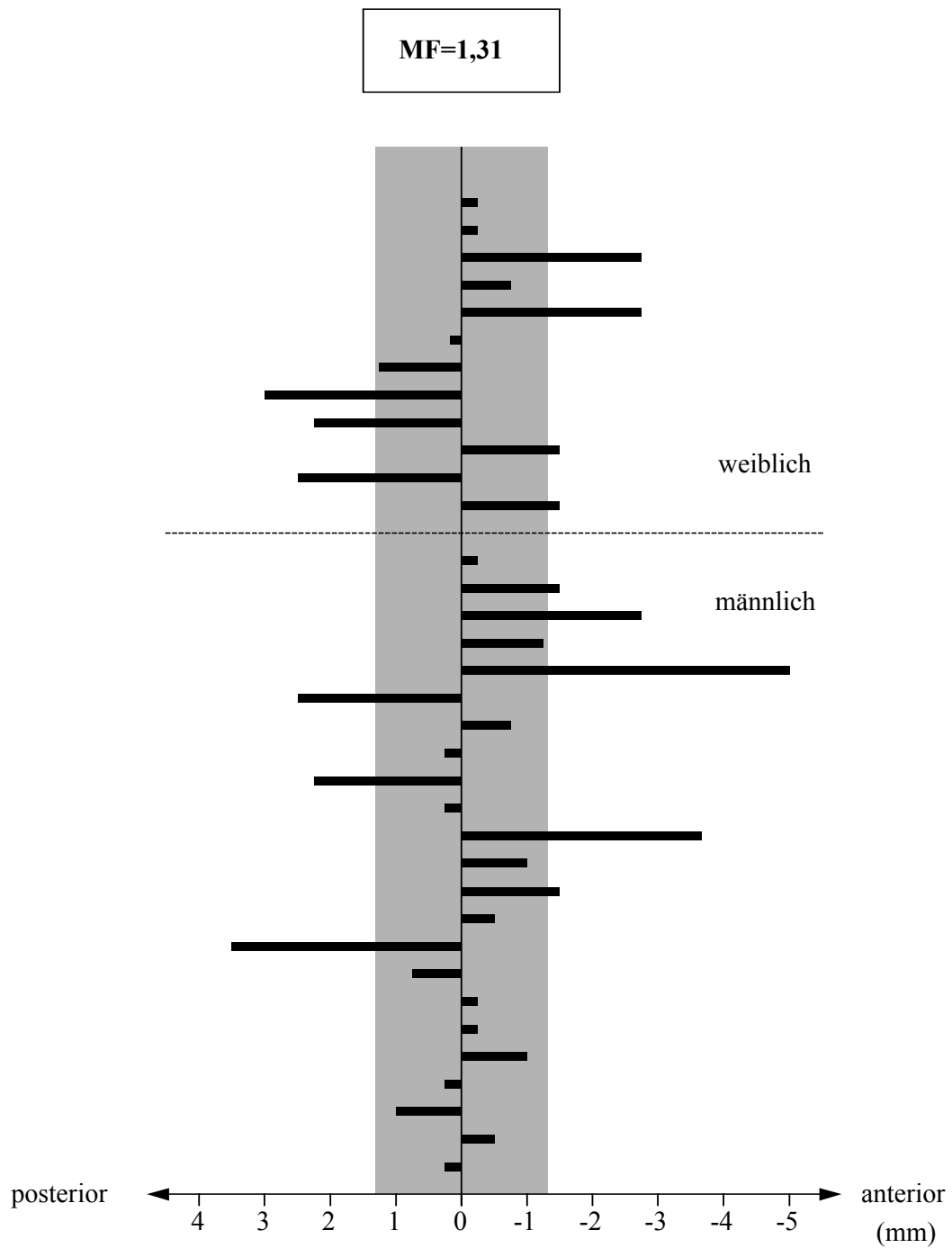


Abb. 37: Individuelle **sagittale „effektive“ Kiefergelenksveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**

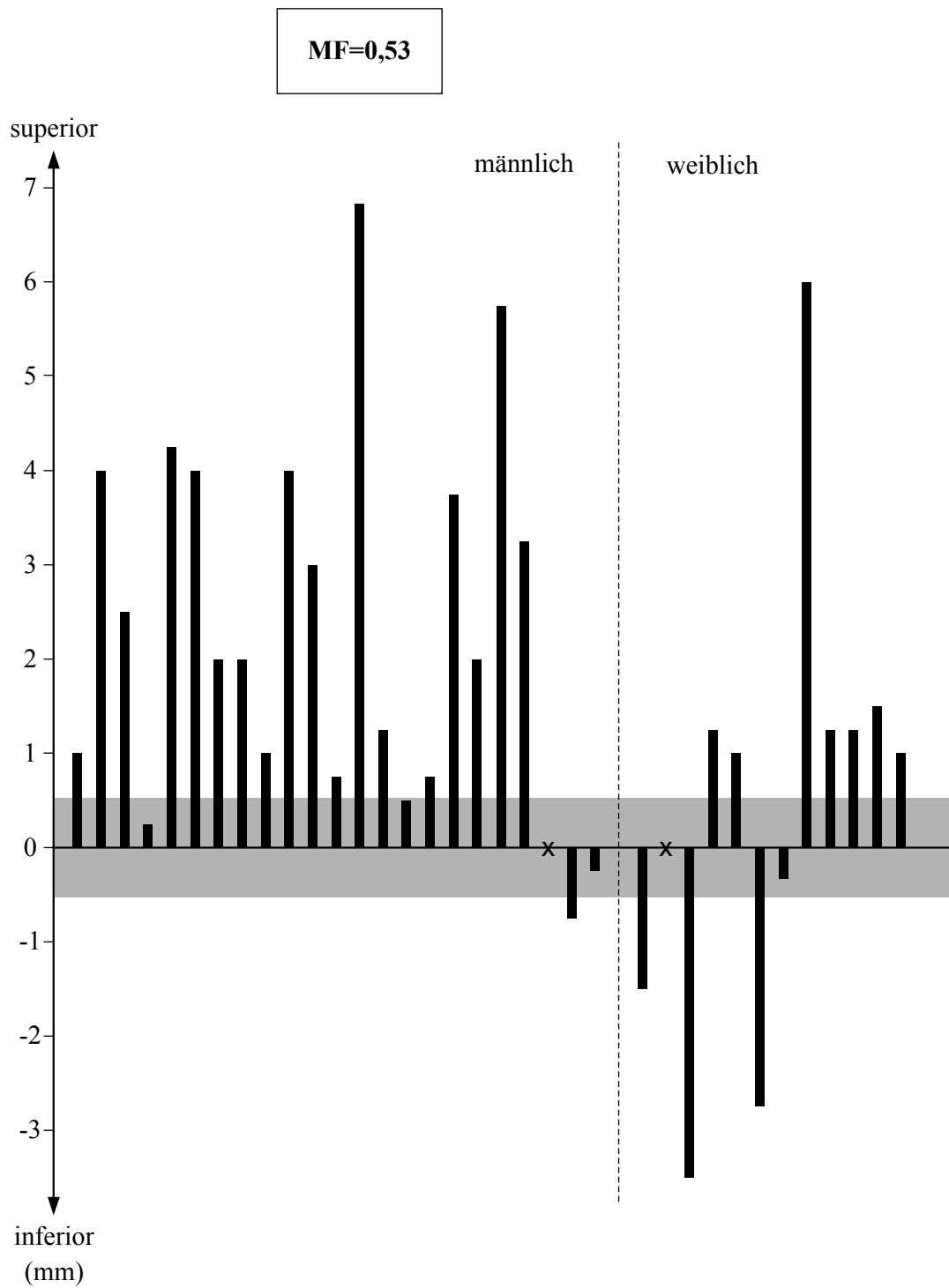


Abb. 38: Individuelle vertikale „effektive“ Kiefergelenksveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T3-T2
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

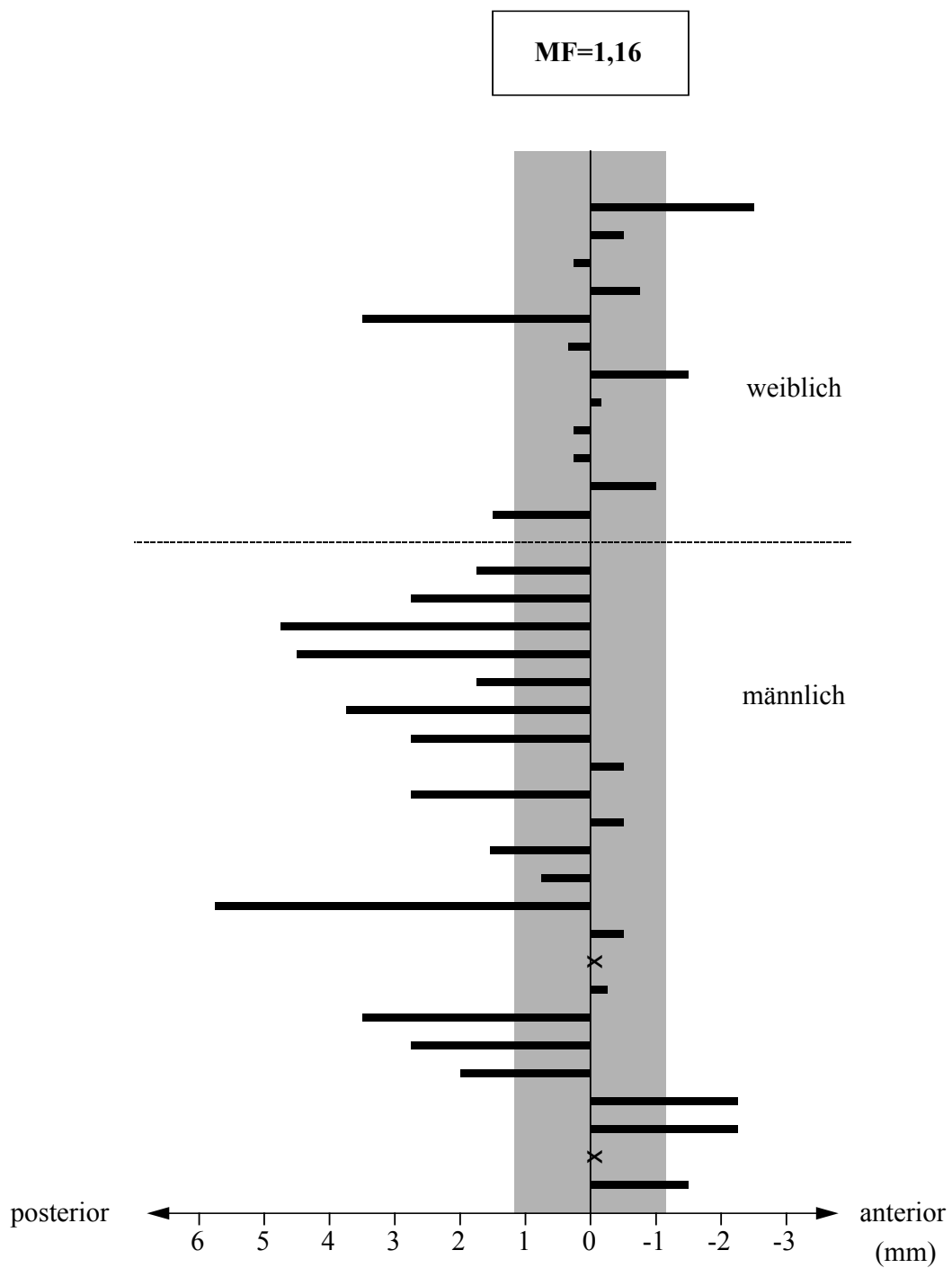


Abb. 39: Individuelle **sagittale „effektive“ Kiefergelenksveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

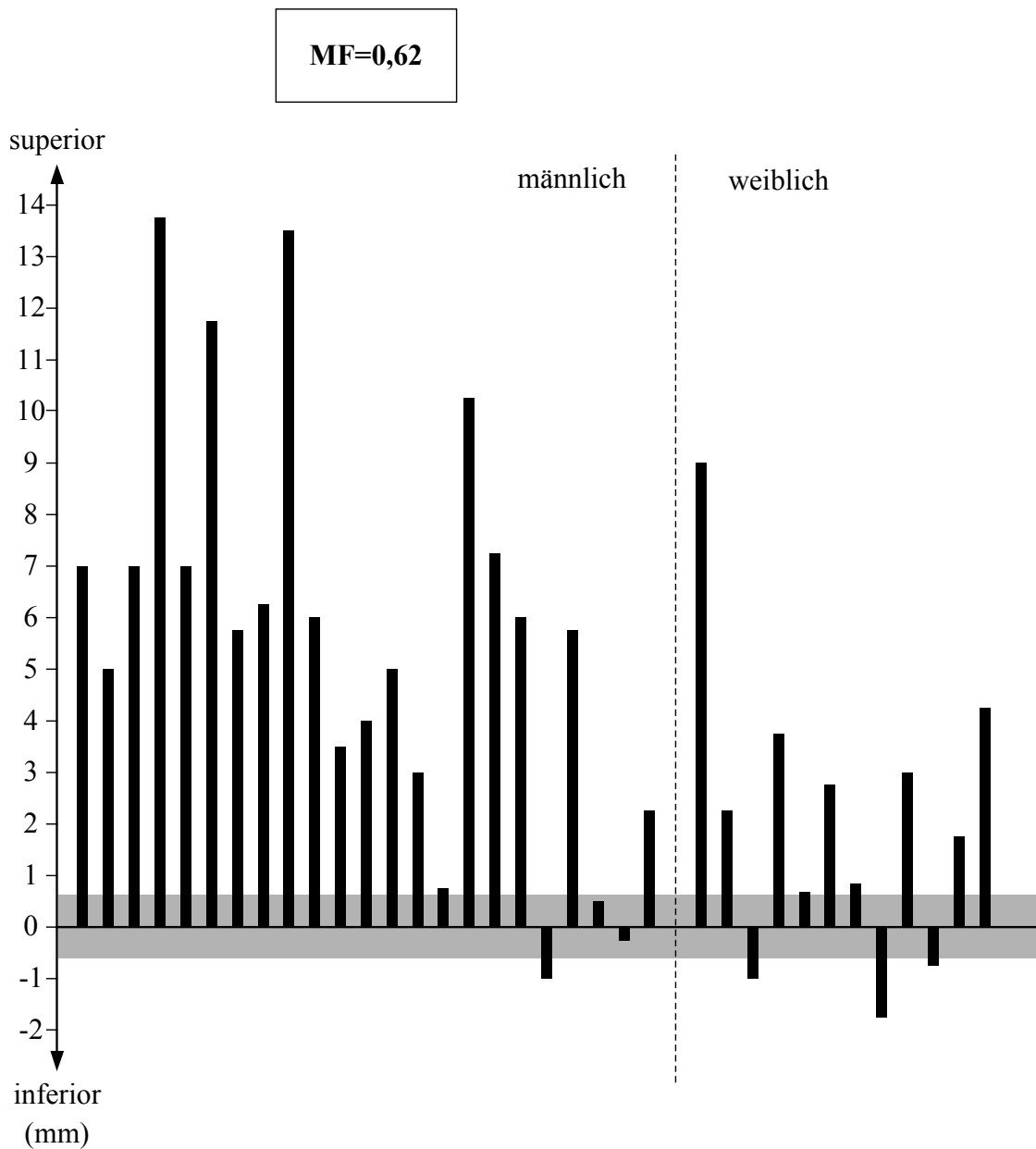


Abb. 40: Individuelle vertikale „effektive“ Kiefergelenksveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T3

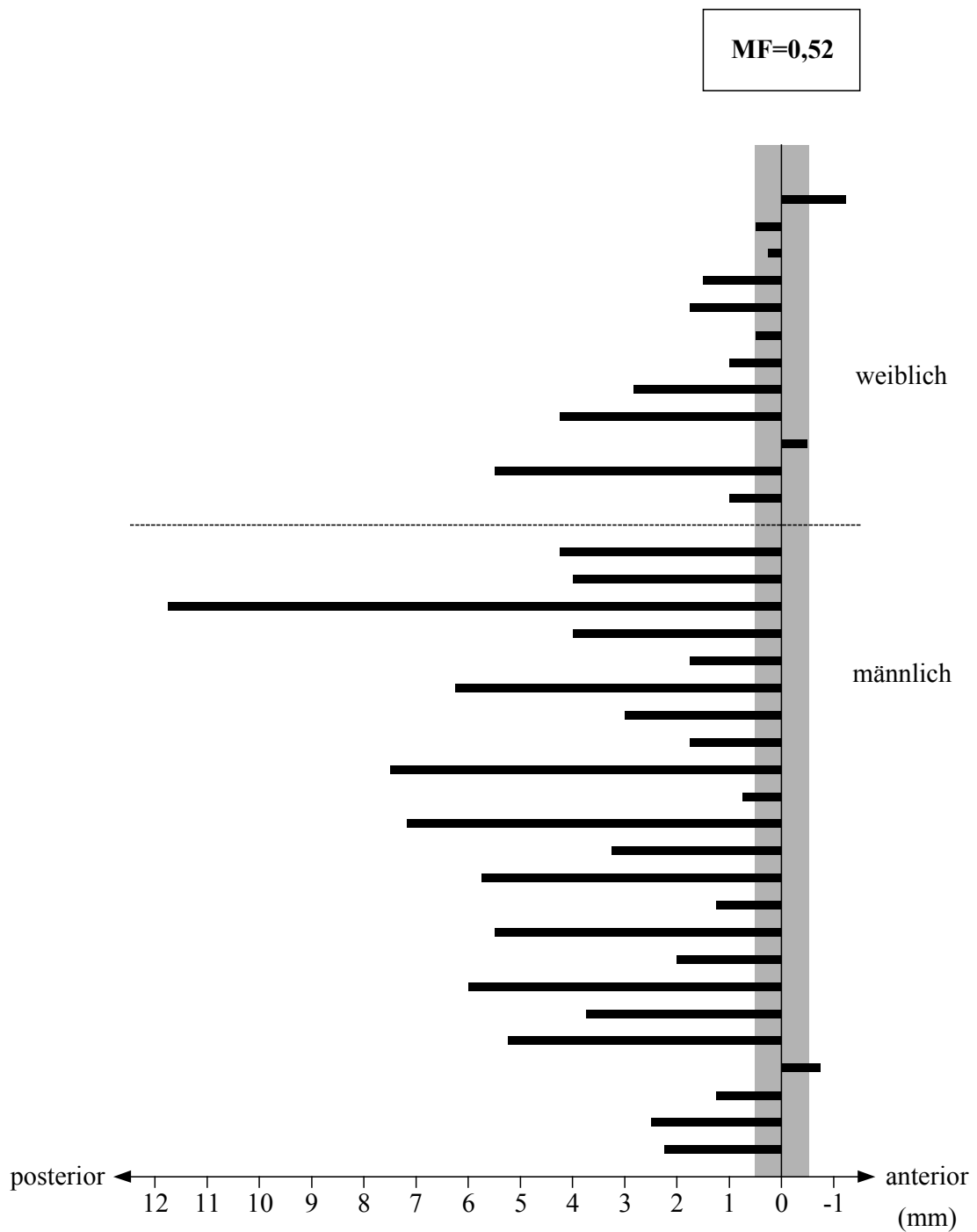


Abb. 41: Individuelle sagittale „effektive“ Kiefergelenksveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T1

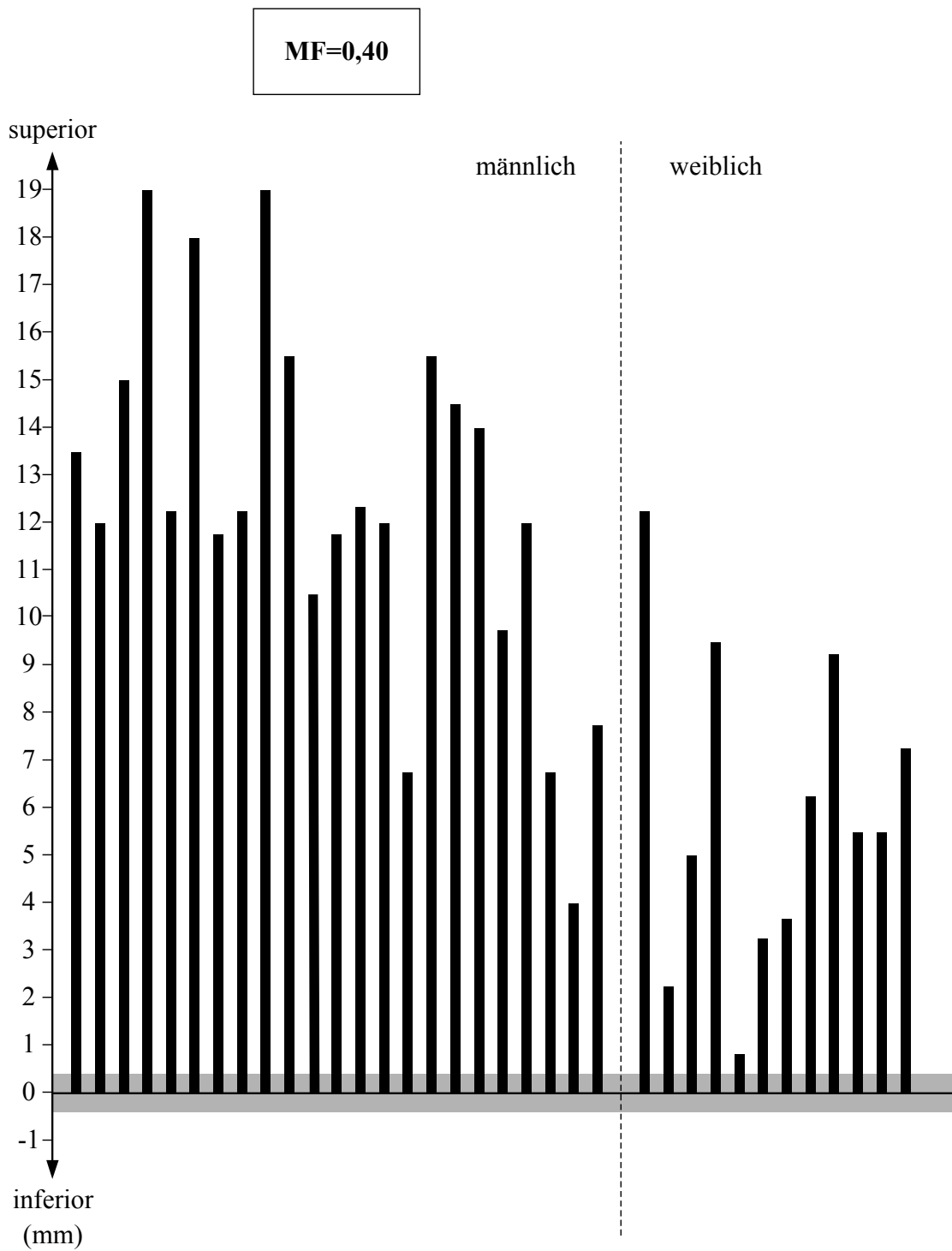


Abb. 42: Individuelle vertikale „effektive“ Kiefergelenksveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes T4-T1

5.3.3 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden

(Tab. 4, 6; Abb. 43)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) wiesen männliche Probanden im Vergleich zu weiblichen Probanden durchschnittlich eine beinahe doppelt so große Verlagerung des Co-A-Punktes – als Ausdruck der „effektiven“ Kiefergelenksveränderung – in posteriorer (1,2mm; $p<0,001$) als auch superiorer Richtung (1,7mm; $p<0,001$) auf.

Während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten zeigte sich in der Sagittalen kein Geschlechtsunterschied. In der Vertikalen wiesen männliche Probanden eine durchschnittlich größere Co-A-Verlagerung als weibliche Probanden auf (1,2mm; $p<0,001$). Dabei war die Verlagerung des Co-A-Punktes bei männlichen und weiblichen Herbst-Probanden in diesem Zeitraum durchschnittlich fast ausschließlich nach superior ausgerichtet.

Während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wiesen männliche Probanden im Vergleich zu weiblichen Probanden eine durchschnittlich größere Verlagerung des Co-A-Punktes in sagittaler (1,5mm; $p<0,001$) und auch vertikaler Ebene (3,6mm; $p<0,001$) auf. Bei den weiblichen Herbst-Probanden fand die Verlagerung erneut fast ausschließlich in superiorer Richtung statt.

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) unterlagen männliche Probanden durchschnittlich einer wesentlich größeren Co-A-Verlagerung in posteriorer (2,5mm; $p<0,001$) und superiorer Richtung (6,5mm; $p<0,001$) als weibliche Probanden.

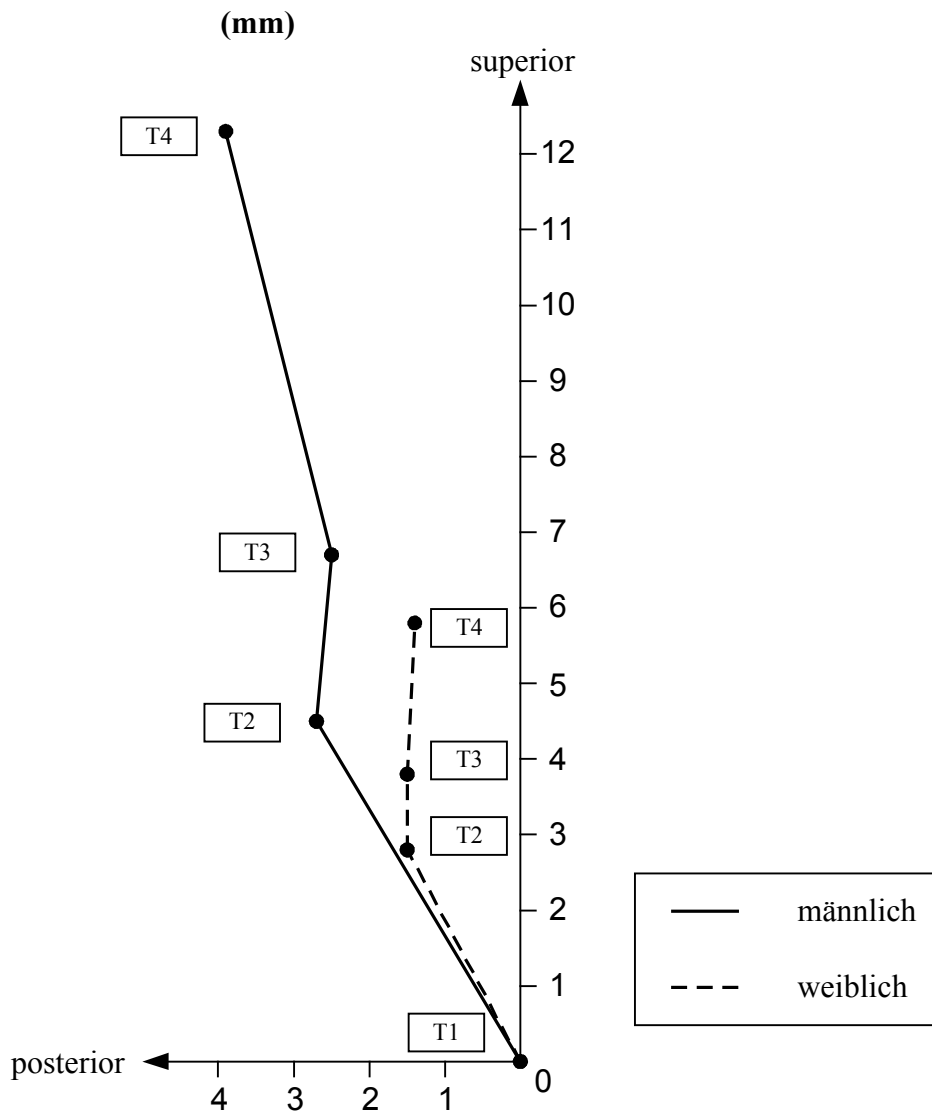


Abb. 43: Durchschnittliche „effektive“ Kiefergelenksveränderung (Co-A) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden getrennt
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

5.3.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden

(Tab. 4, 8, 9; Abb. 44)

Bei den Herbst-Probanden resultierte aus der 7,5-monatigen Behandlungsphase (T2-T1) durchschnittlich eine Verlagerung des Co-A-Punktes – als Ausdruck der „effektiven“ Kiefergelenksveränderung – nach posterior (2,7mm; $p<0,001$) und superior (4,5mm; $p<0,001$). Die Probanden der Kontroll-Gruppe hingegen wiesen durchschnittlich eine nur geringfügige Verlagerung in posteriore (0,2mm; $p<0,001$) und superioren Richtung (1,3mm; $p<0,001$) auf, wobei die Verlagerung in posteriorer Richtung äußerst klein war.

Insgesamt gesehen zeigten die Herbst-Probanden im Vergleich zu den Kontroll-Probanden in der Sagittalen (2,5mm; $p<0,001$) und Vertikalen (3,2mm; $p<0,001$) durchschnittlich eine größere Verlagerung des Co-A-Punktes auf.

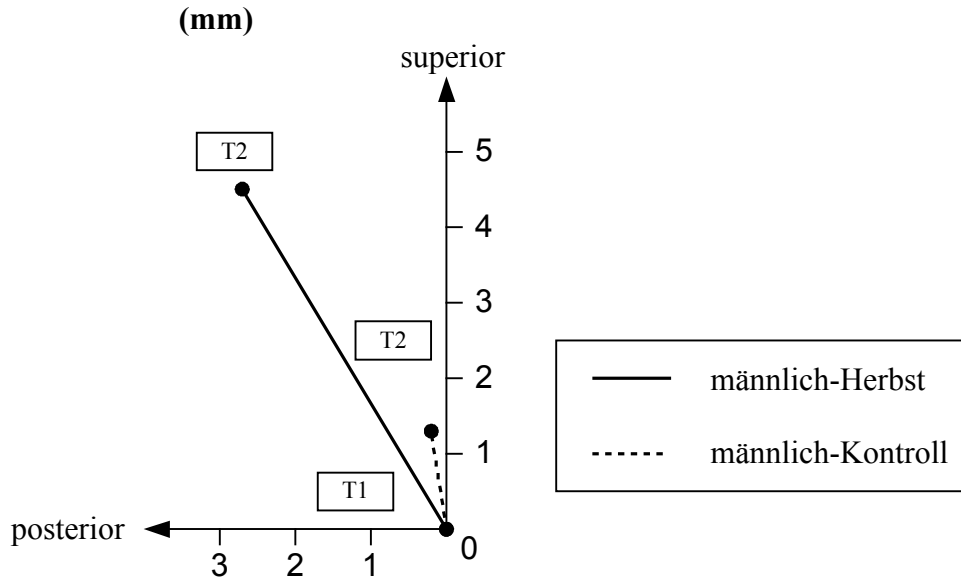


Abb. 44: Durchschnittliche „effektive“ Kiefergelenksveränderung (Co-A) der 23 männlichen Herbst-Probanden und der 12 männlichen Kontroll-Probanden

Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung

5.4 Kinnlageveränderung

Gemessen wurde die Verlagerung des Pg-Punktes nach Schädelbasisüberlagerung der Röntgenbilder.

5.4.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen

(Tab. 4; Abb. 45-53)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) resultierte bei männlichen und weiblichen Probanden zusammen durchschnittlich eine deutliche signifikante Verlagerung des Pg-Punktes – als Ausdruck der Kinnlageveränderung – nach anterior (2,7mm; $p<0,001$) und inferior (3,4mm; $p<0,001$). Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers verlagerte sich der Pg-Punkt bei 29 (83%) der 35 Probanden nach anterior. 2 Probanden (6%) zeigten eine Verlagerung des Pg-Punktes nach posterior auf (Abb. 46). Weiterhin war bei 33 Probanden (94%) eine Inferiorverlagerung des Pg-Punktes zu sehen. Eine Verlagerung nach superior war bei keinem Probanden festzustellen (Abb. 47).

In der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten wurde die Verlagerung des Pg-Punktes durchschnittlich in anteriore (0,4mm; $p<0,001$) und inferiore Richtung (1,0mm; $p<0,001$) fortgesetzt. Jedoch war im Vergleich zur aktiven Behandlungsphase (T2-T1) eine deutliche Reduzierung des Verlagerungspotentials zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers erfolgte bei 16 (46%) der 35 Probanden eine Verlagerung des Pg-Punktes nach anterior und bei 9 (26%) Probanden nach posterior (Abb. 48). In der Vertikalen zeigten 22 Probanden (63%) eine Inferiorverlagerung und 8 Probanden (23%) eine Superiorverlagerung des Pg-Punktes auf (Abb. 49).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss zeigten die beiden Geschlechter zusammen durchschnittlich eine weitere Verlagerung des Pg-Punktes nach anterior (1,6mm; $p<0,001$) und inferior (3,8mm; $p<0,001$). Dabei überwog deutlich die Verlagerung in inferiore Richtung. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 21 (60%) der 35 Probanden zu einer Verlagerung nach anterior und bei 10 Probanden (29%) nach posterior (Abb. 50).

Bei 31 Probanden (89%) war eine Pg-Punkt-Verlagerung nach inferior festzustellen. Bei keinem Probanden war eine Verlagerung nach superior zu verzeichnen (Abb. 51).

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) hinweg betrachtet resultierte eine deutliche durchschnittliche Verlagerung des Pg-Punktes nach anterior (4,7mm; $p<0,001$) und inferior (8,2mm; $p<0,001$). Hierbei betrug das Ausmaß der Verlagerung in inferiorer Richtung annähernd das Zweifache der Verlagerung nach anterior. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 31 (89%) der 35 Probanden zu einer Anteriorverlagerung, bei 3 Probanden (9%) war eine Posteriorverlagerung des Pg-Punktes zu verzeichnen (Abb. 52). In der Vertikalen zeigten alle Probanden (100%) eine inferiore Verlagerung auf (Abb. 53).

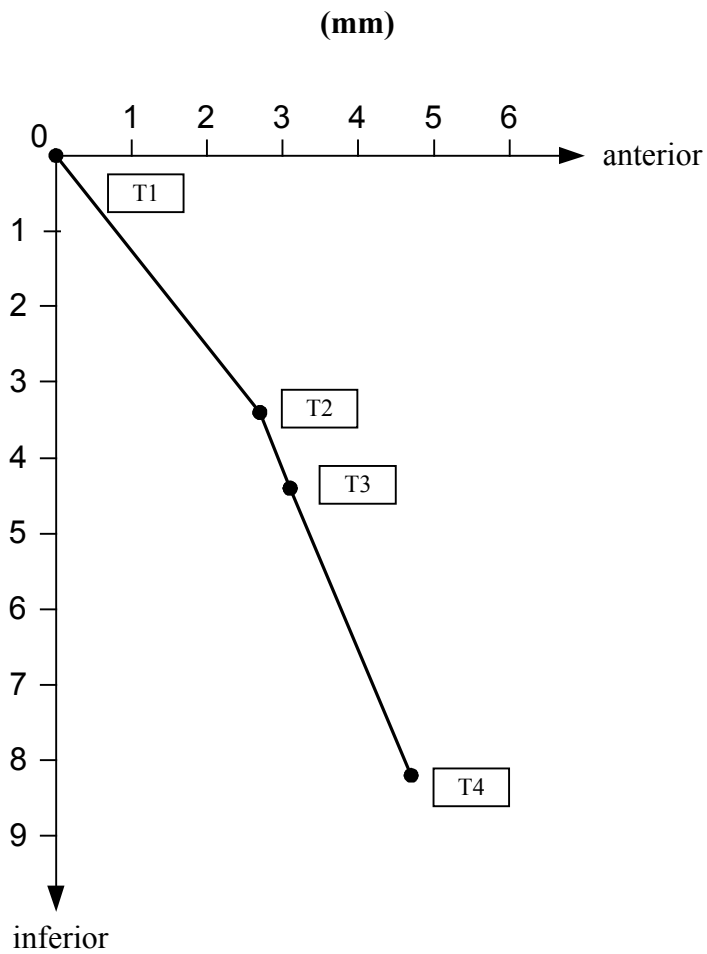


Abb. 45: Durchschnittliche Kinnlageveränderung (Pg) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

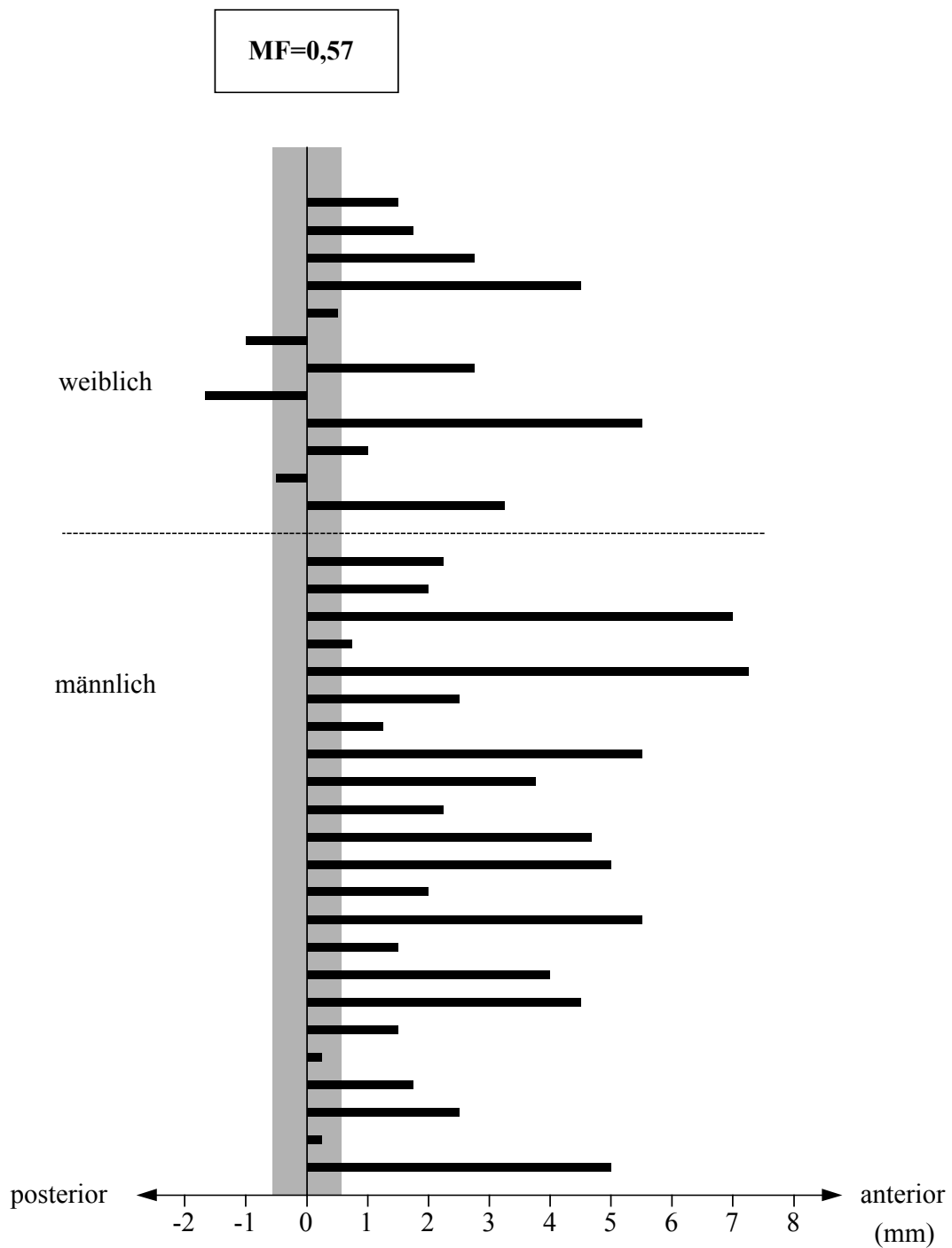


Abb. 46: Individuelle **sagittale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**

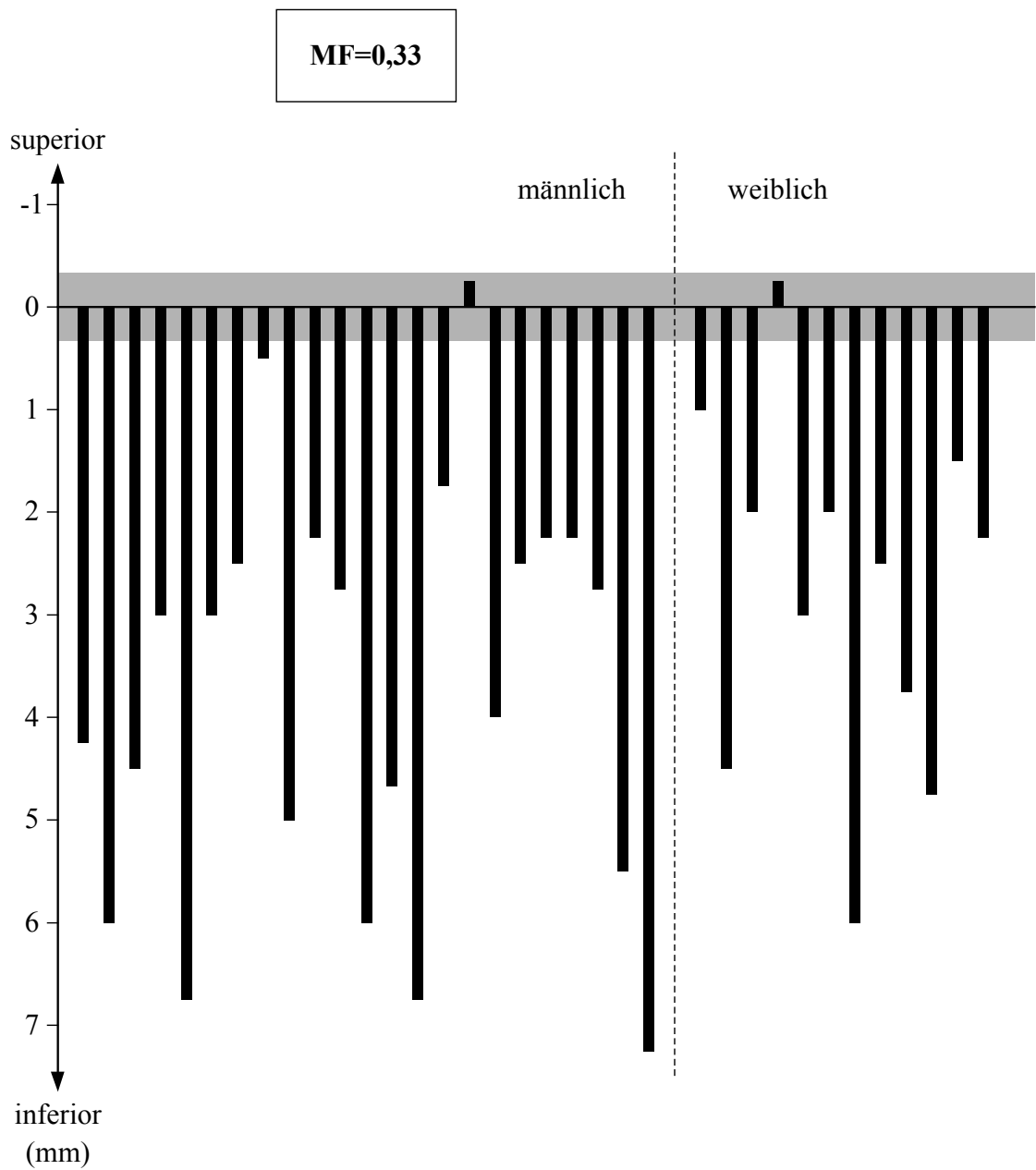


Abb. 47: Individuelle **vertikale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**

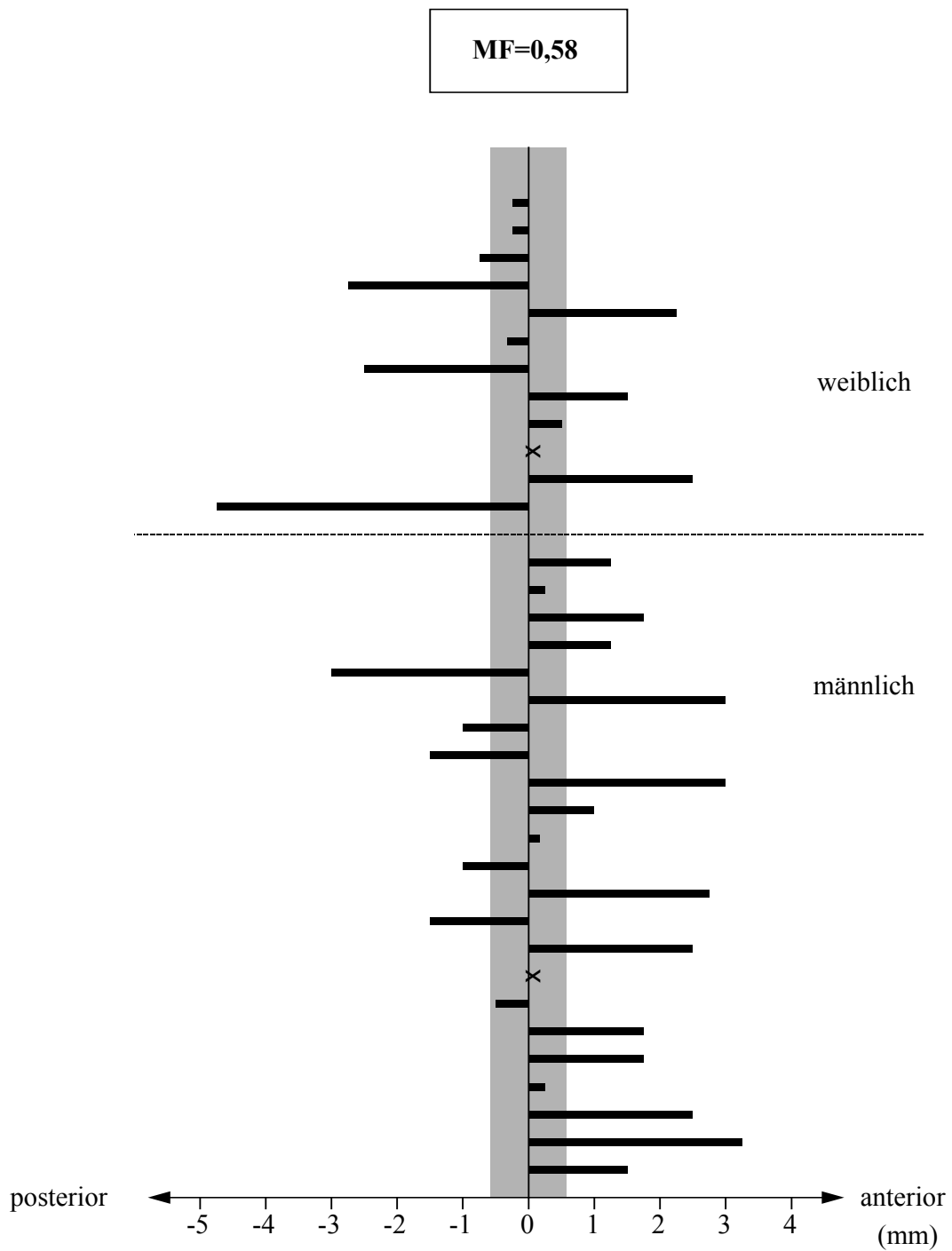


Abb. 48: Individuelle **sagittale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

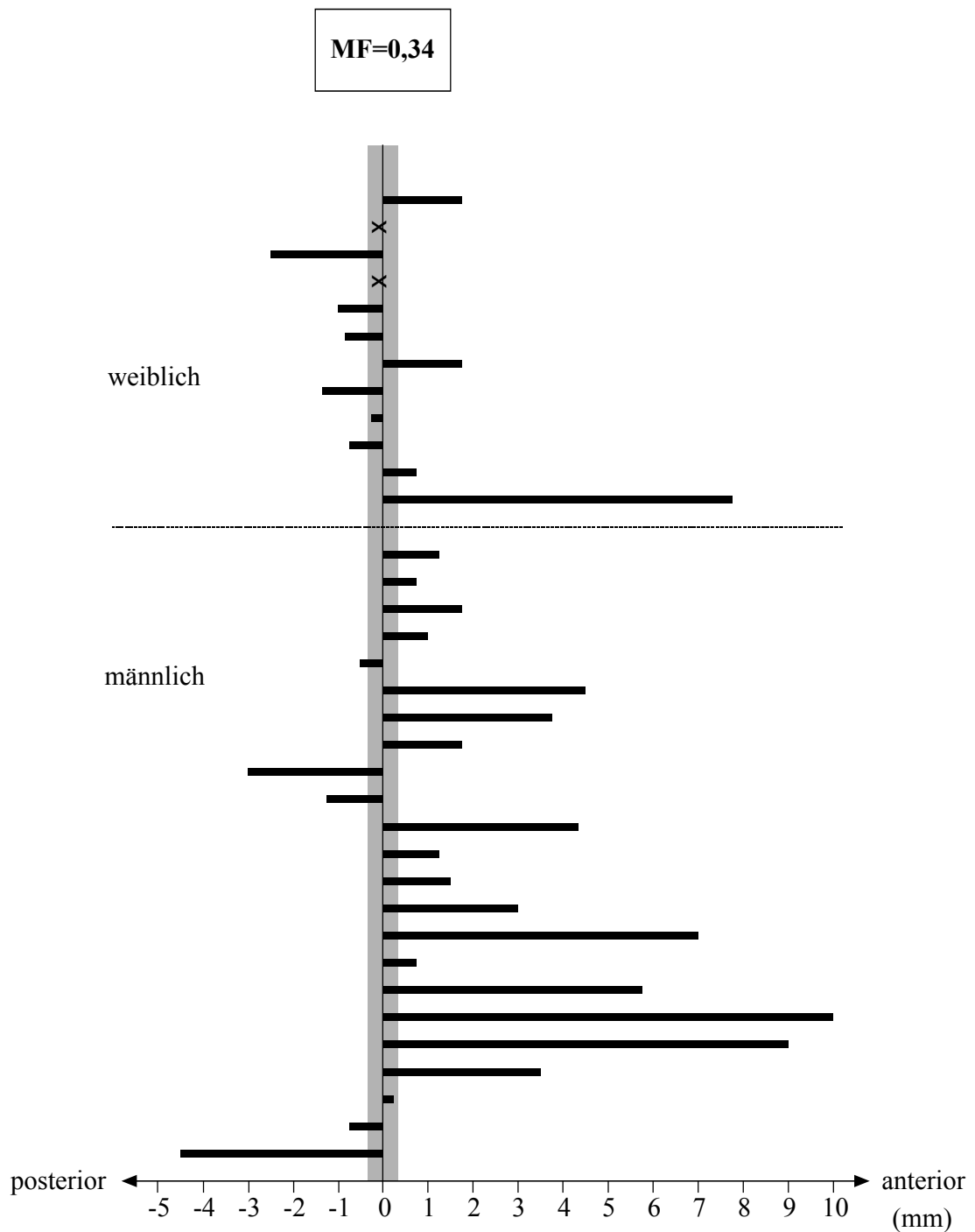


Abb. 50: Individuelle **sagittale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

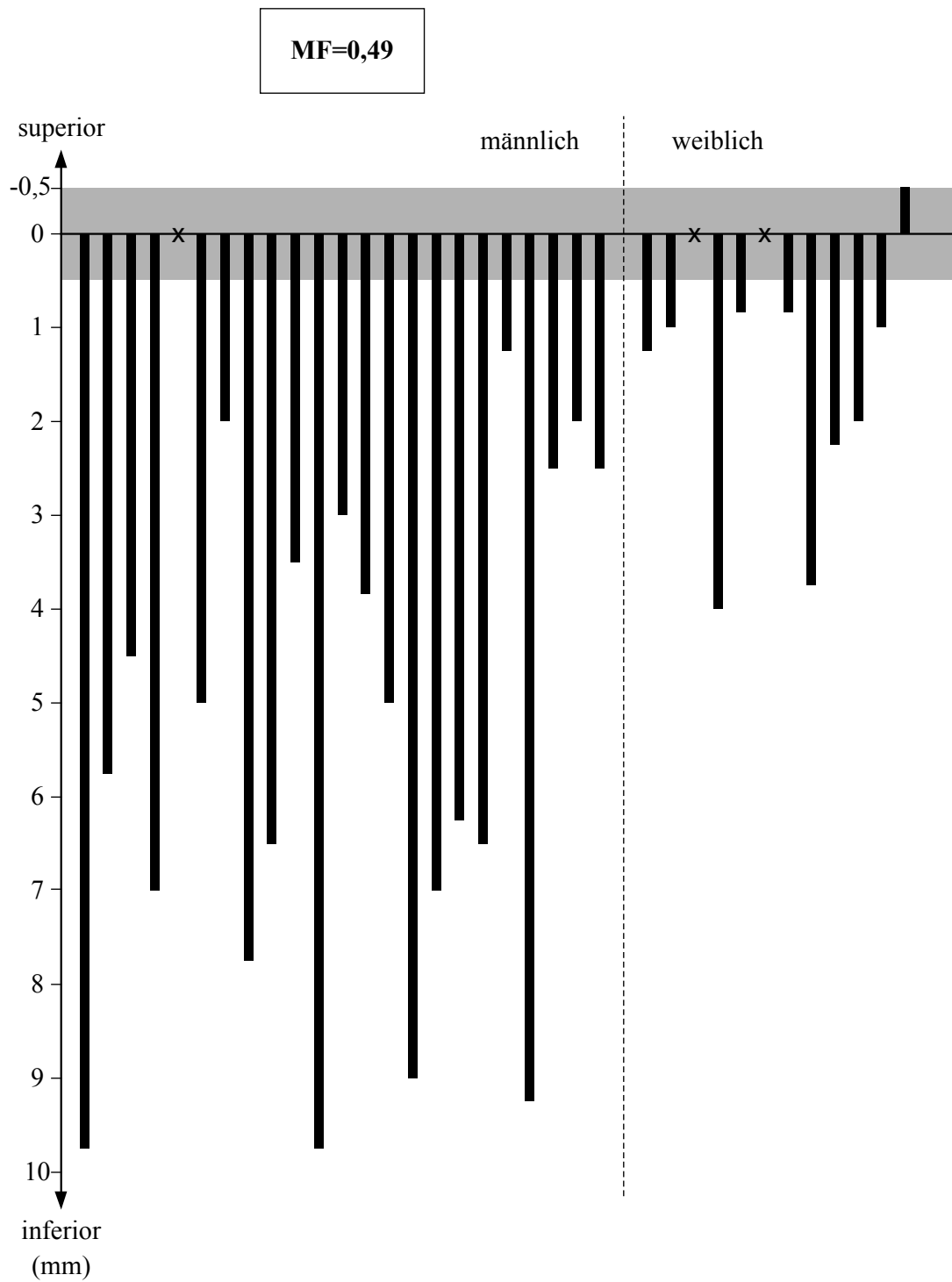


Abb. 51: Individuelle vertikale Kinnlageveränderung der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

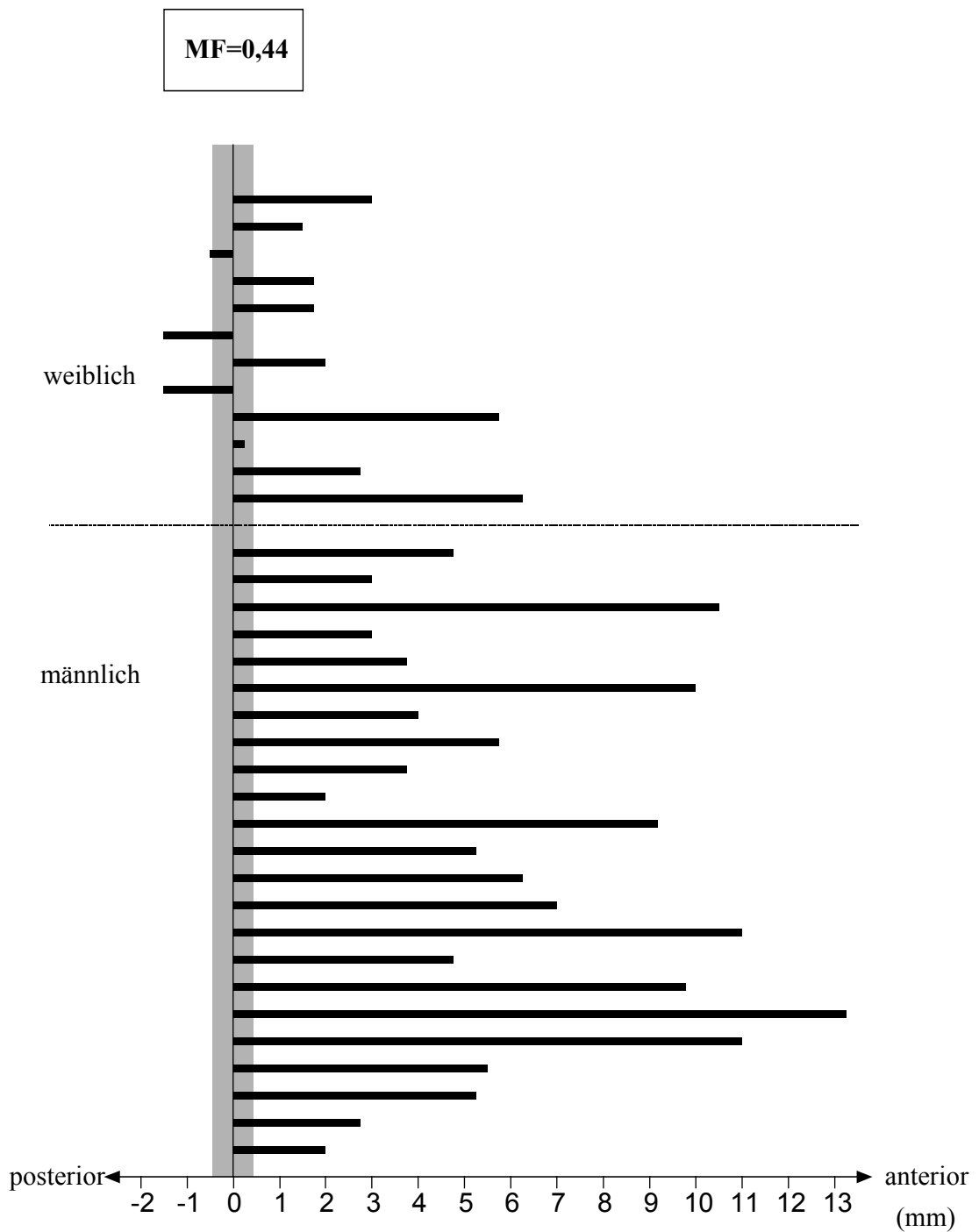


Abb. 52: Individuelle **sagittale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**

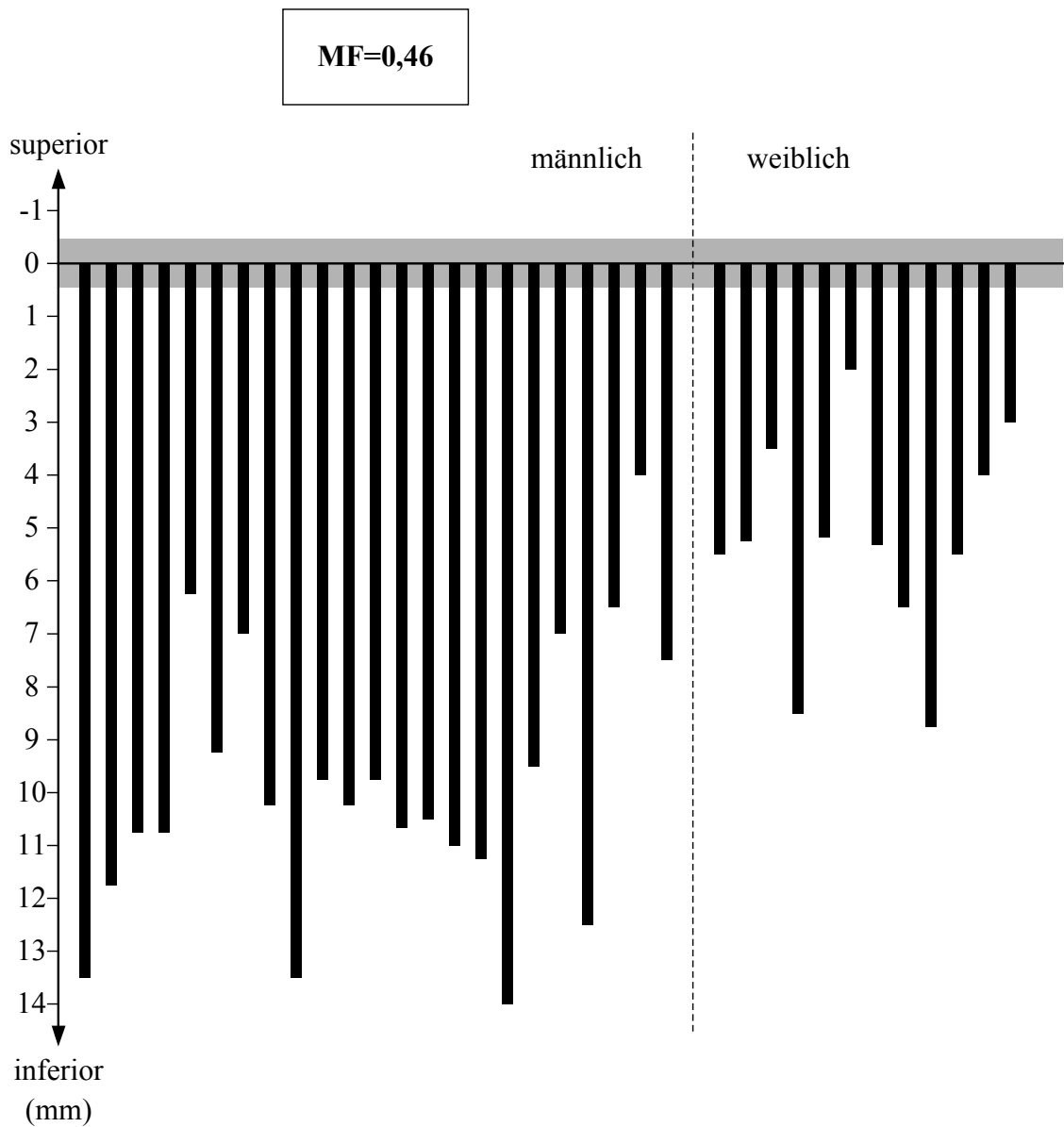


Abb. 53: Individuelle **vertikale Kinnlageveränderung** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**

5.4.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden

(Tab. 4, 6; Abb. 54)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) wiesen männliche Probanden im Vergleich zu weiblichen Probanden durchschnittlich sowohl in anteriorer (1,4mm; $p<0,001$) als auch inferiorer Richtung (1,0mm; $p<0,001$) eine deutlich größere Verlagerung des Pg-Punktes – als Ausdruck der Kinnlageveränderung – auf.

Während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten zeigten die männlichen Probanden durchschnittlich eine größere Verlagerung des Pg-Punktes in der Sagittalen (1,3mm; $p<0,001$). In der Vertikalen war kein Geschlechtsunterschied zu verzeichnen (0,2mm; n.s.). Die Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes war bei den männlichen Herbst-Probanden weiterhin nach anterior und inferior ausgerichtet, während bei den weiblichen Herbst-Probanden ein Umschwenken des Kinnpunktes nach posterior und inferior stattfand.

Während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wiesen männliche Probanden durchschnittlich deutlich eine größere Pg-Verlagerung nach anterior (1,7mm; $p<0,001$) und inferior (3,9mm; $p<0,001$) als weibliche Probanden auf. Die Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes war bei beiden Geschlechtern vergleichbar.

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) gesehen wiesen männliche Probanden im Vergleich zu weibliche Probanden durchschnittlich eine deutlich größere Pg-Verlagerung in anteriore (4,4mm; $p<0,001$) wie auch inferiore Richtung (4,7mm; $p<0,001$) auf. Außerdem fand bei den männlichen Herbst-Probanden im Gegensatz zu den weiblichen Herbst-Probanden durchschnittlich betrachtet in keinem Zeitraum eine Verlagerung in posteriore Richtung statt.

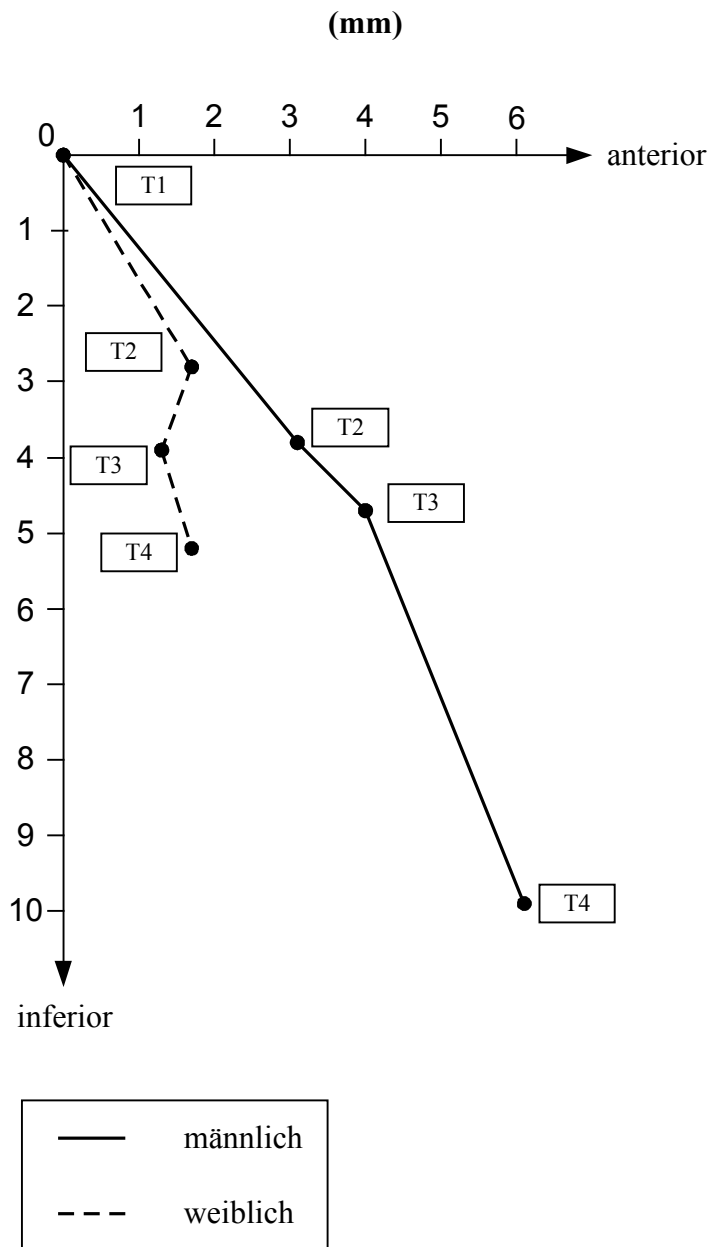


Abb. 54: Durchschnittliche Kinnlageveränderung (Pg) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden getrennt

Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

5.4.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden

(Tab. 4, 8, 9; Abb. 55)

Sowohl die Herbst- als auch die Kontroll-Probanden wiesen für den Zeitraum T2-T1 durchschnittlich eine nach anterior und inferior gerichtete Verlagerung des Pg-Punktes – als Ausdruck der Kinnlageveränderung – auf. Die Richtung der Kinnverlagerung war bei beiden Gruppen vergleichbar. Bei den Herbst-Probanden war die Verlagerung in anteriorer (3,1mm; $p<0,001$) und inferiorer (3,8mm; $p<0,001$) Richtung annähernd fünffach stärker ausgeprägt als bei den Kontroll-Probanden (anteriore Verlagerung: 0,6mm; $p<0,001$; inferiore Verlagerung: 0,8mm; $p<0,001$).

Insgesamt gesehen zeigten die Herbst-Probanden durchschnittlich eine deutlich größere Verlagerung des Pg-Punktes in der Sagittalen (2,5mm; $p<0,001$) und Vertikalen (3,0mm; $p<0,001$) im Vergleich zu den Kontroll-Probanden auf.

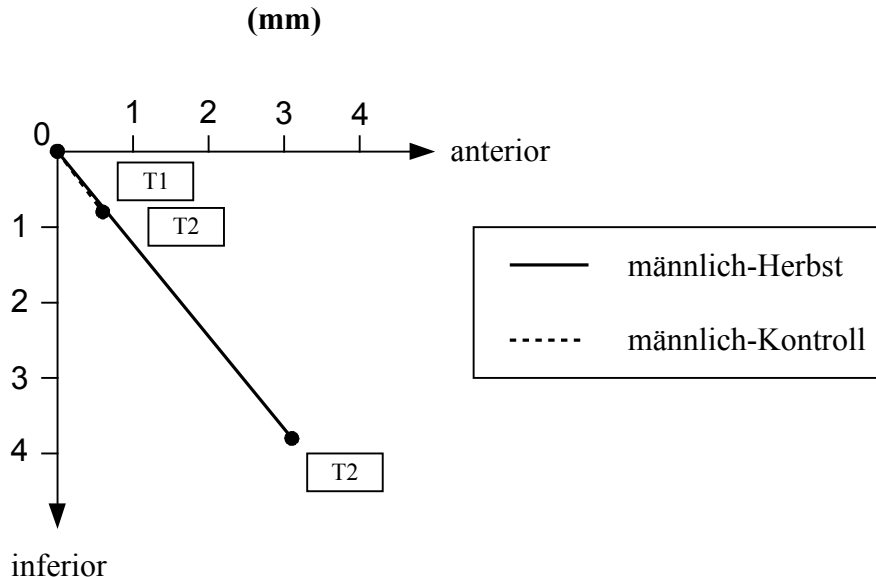


Abb. 55: Durchschnittliche Kinnlageveränderung (Pg) der 23 männlichen Herbst-Probanden und der 12 männlichen Kontroll-Probanden
Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung

5.5 Unterkieferrotation

Gemessen wurde die Veränderung der Neigung der RL-Linie nach Unterkieferüberlagerung der Röntgenbilder.

5.5.1 Männliche und weibliche Herbst-Probanden zusammen

(Tab. 4; Abb. 56-60)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) war bei männlichen und weiblichen Probanden zusammen durchschnittlich eine unbedeutende Rotation der Mandibula nach anterior ($0,4^\circ$; n.s.) zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers kam es bei 22 (63%) der 35 Probanden zu einer Anteriorrotation und bei 10 Probanden (29%) zu einer Posteriorrotation der Mandibula (Abb. 57).

In der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten zeigte sich durchschnittlich eine signifikante Rotation in anteriorer ($0,8^\circ$; $p < 0,001$) Richtung. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers zeigten 19 (54%) der 35 Probanden eine Anteriorrotation und 6 Probanden (17%) eine Rotation nach posterior auf (Abb. 58).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss setzte sich durchschnittlich eine weitere aber geringere Rotation der Mandibula nach anterior ($0,1^\circ$; $p < 0,001$) fort. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers war bei sowohl 13 (37%) der 35 Probanden eine Anteriorrotation, wie auch bei 13 weiteren Probanden eine Posteriorrotation zu verzeichnen (Abb. 59).

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) betrachtet resultierte eine durchschnittliche Rotation der Mandibula in anteriore ($1,3^\circ$; $p < 0,001$) Richtung. Unter Berücksichtigung des Methodenfehlers unterlagen 22 (63%) der 35 Probanden einer Anteriorrotation und 5 Probanden (14%) einer Posteriorrotation der Mandibula (Abb. 60).

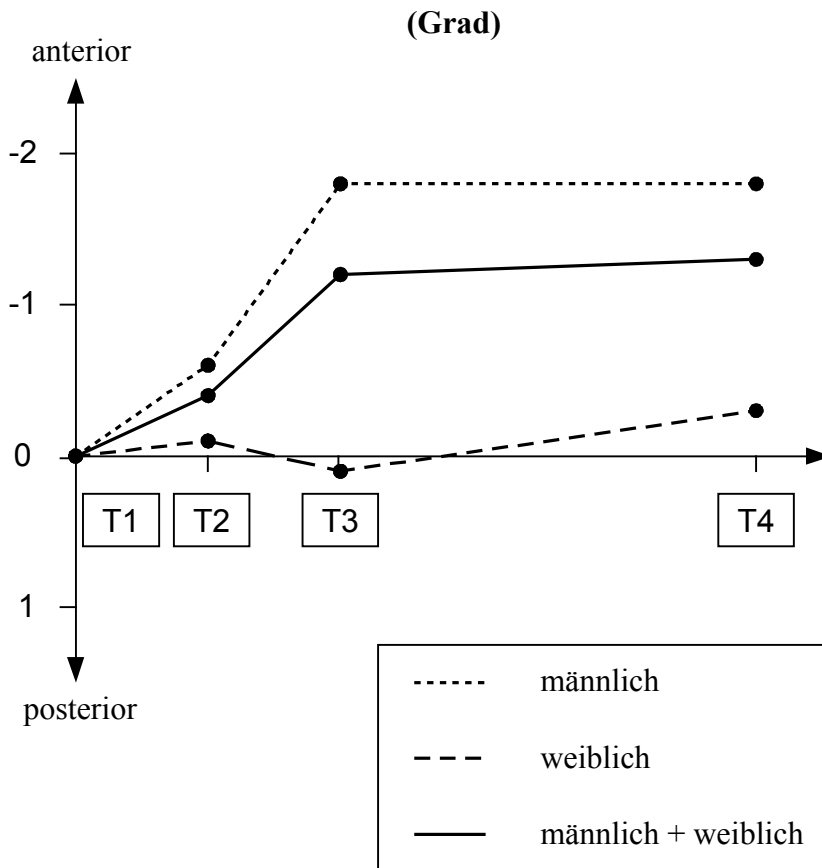


Abb. 56: Durchschnittliche Unterkieferrotation (RL) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden getrennt und zusammen
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

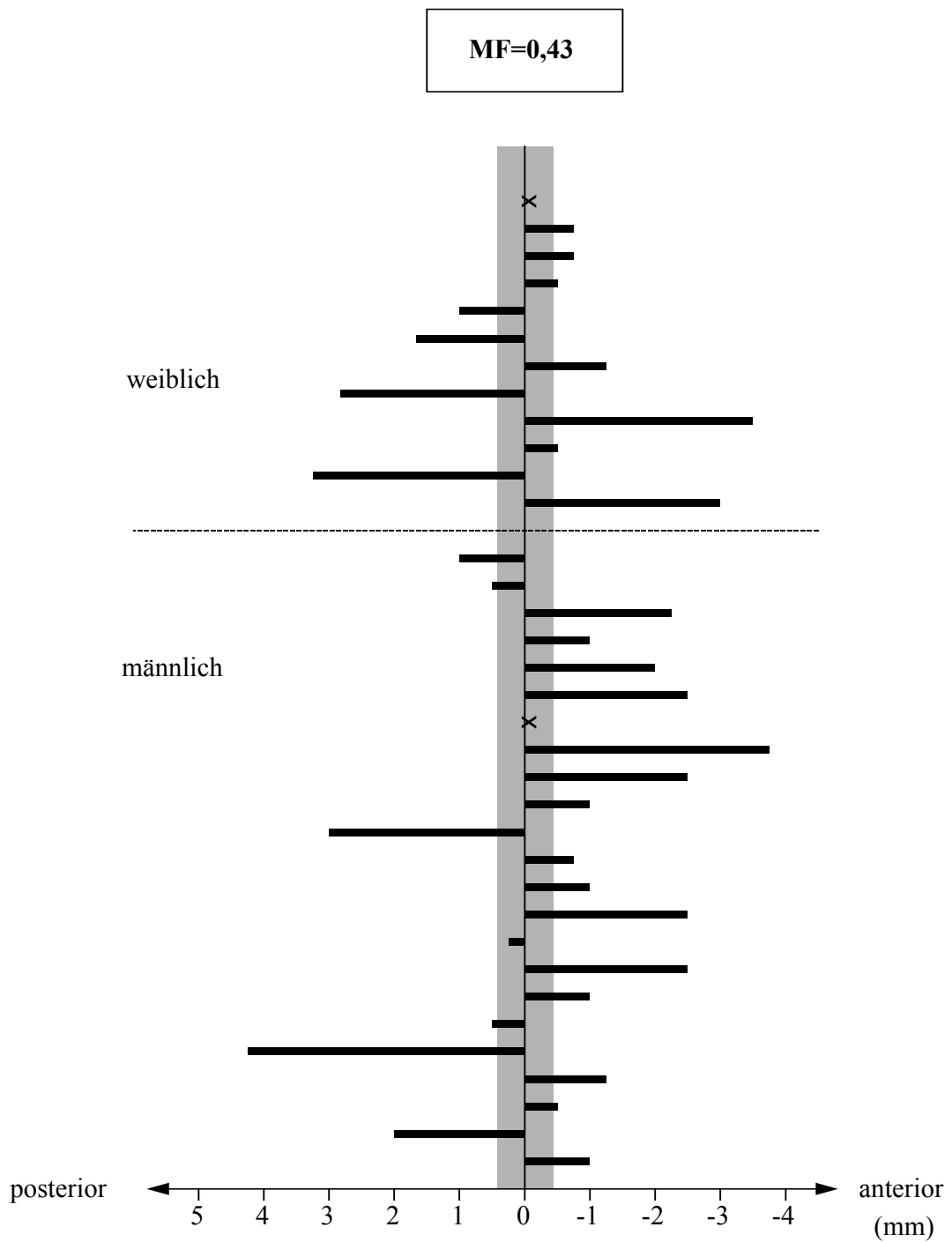


Abb. 57: Individuelle **Unterkieferrotation** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T2-T1**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

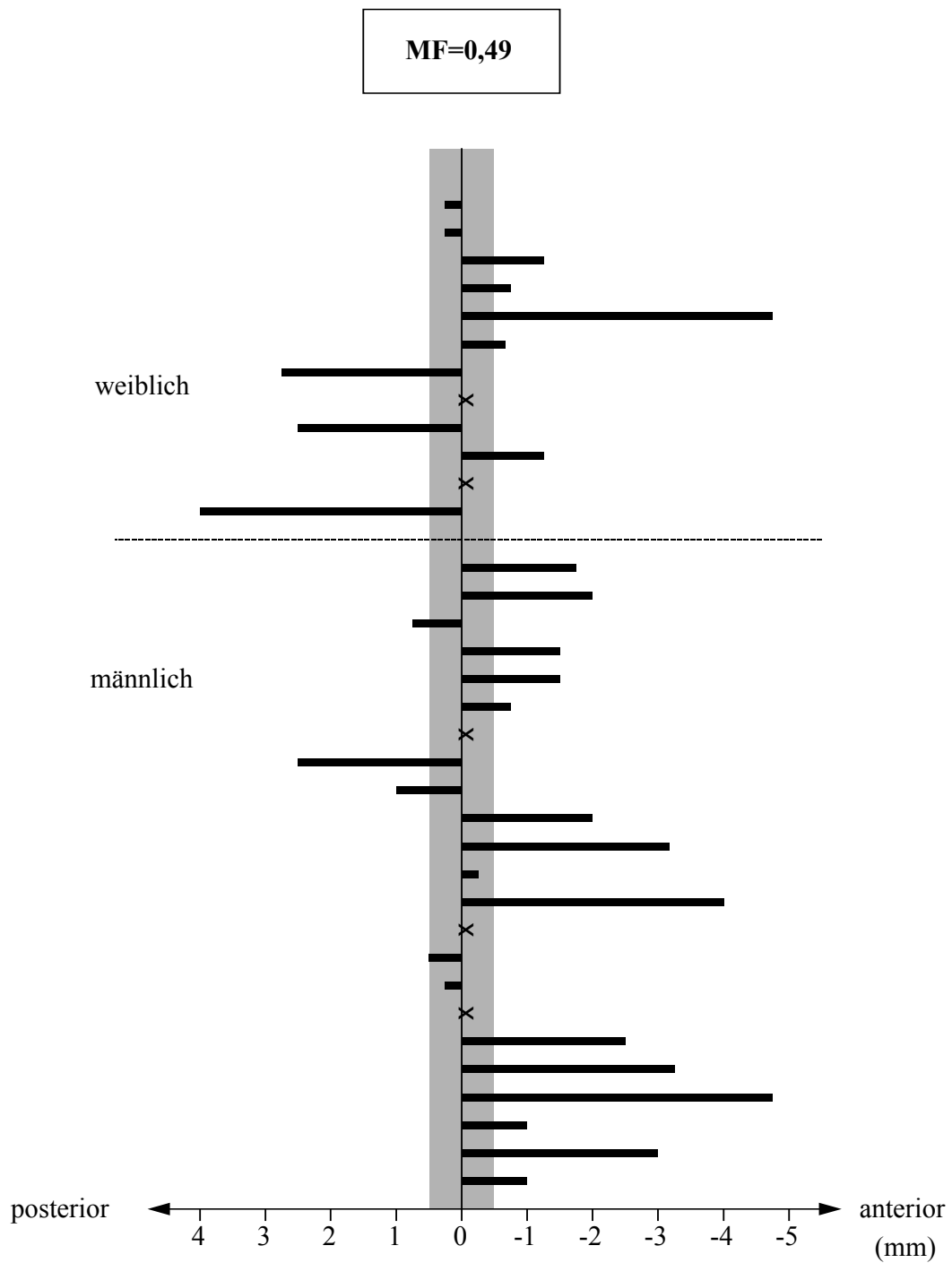


Abb. 58: Individuelle **Unterkieferrotation** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T3-T2**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

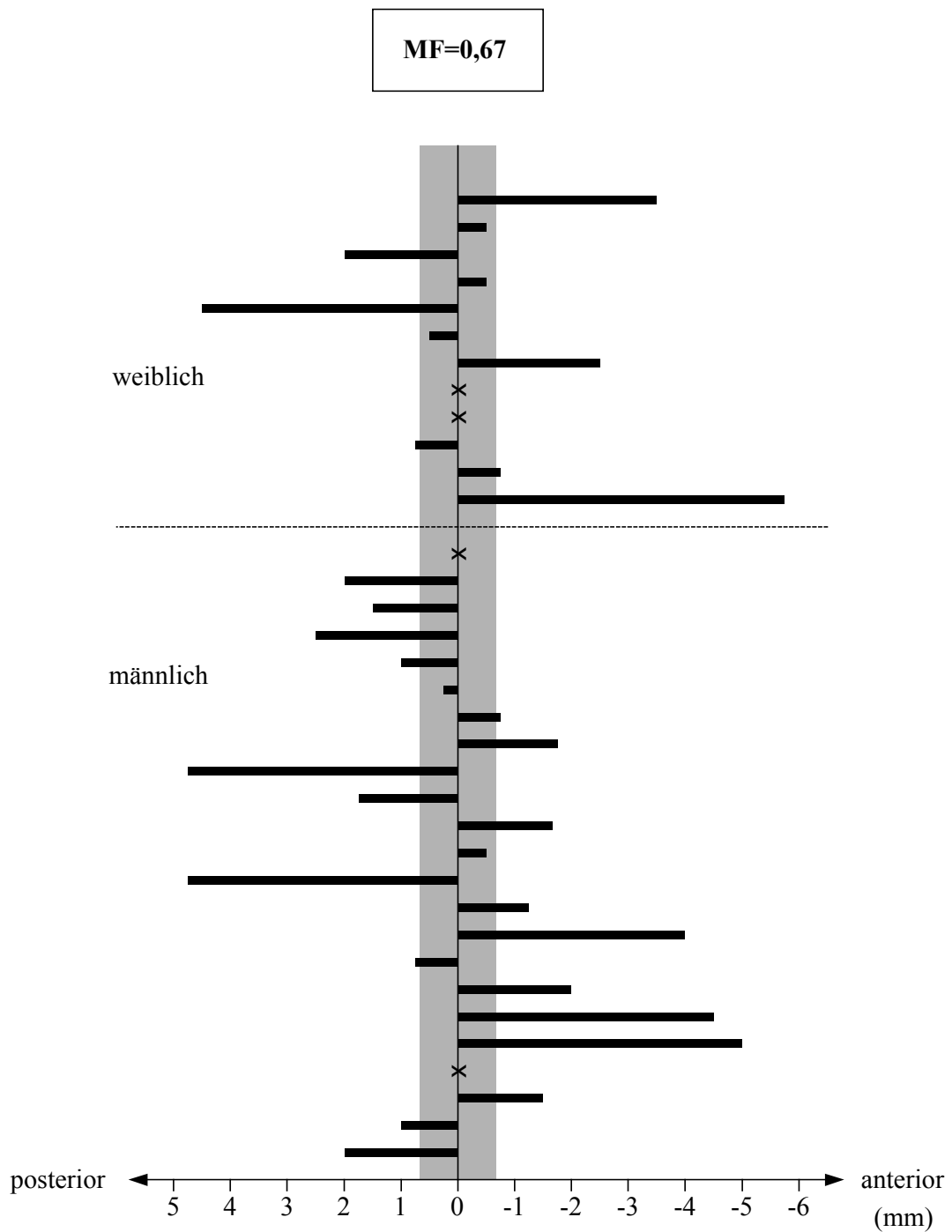


Abb. 59: Individuelle **Unterkieferrotation** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T3**
 x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

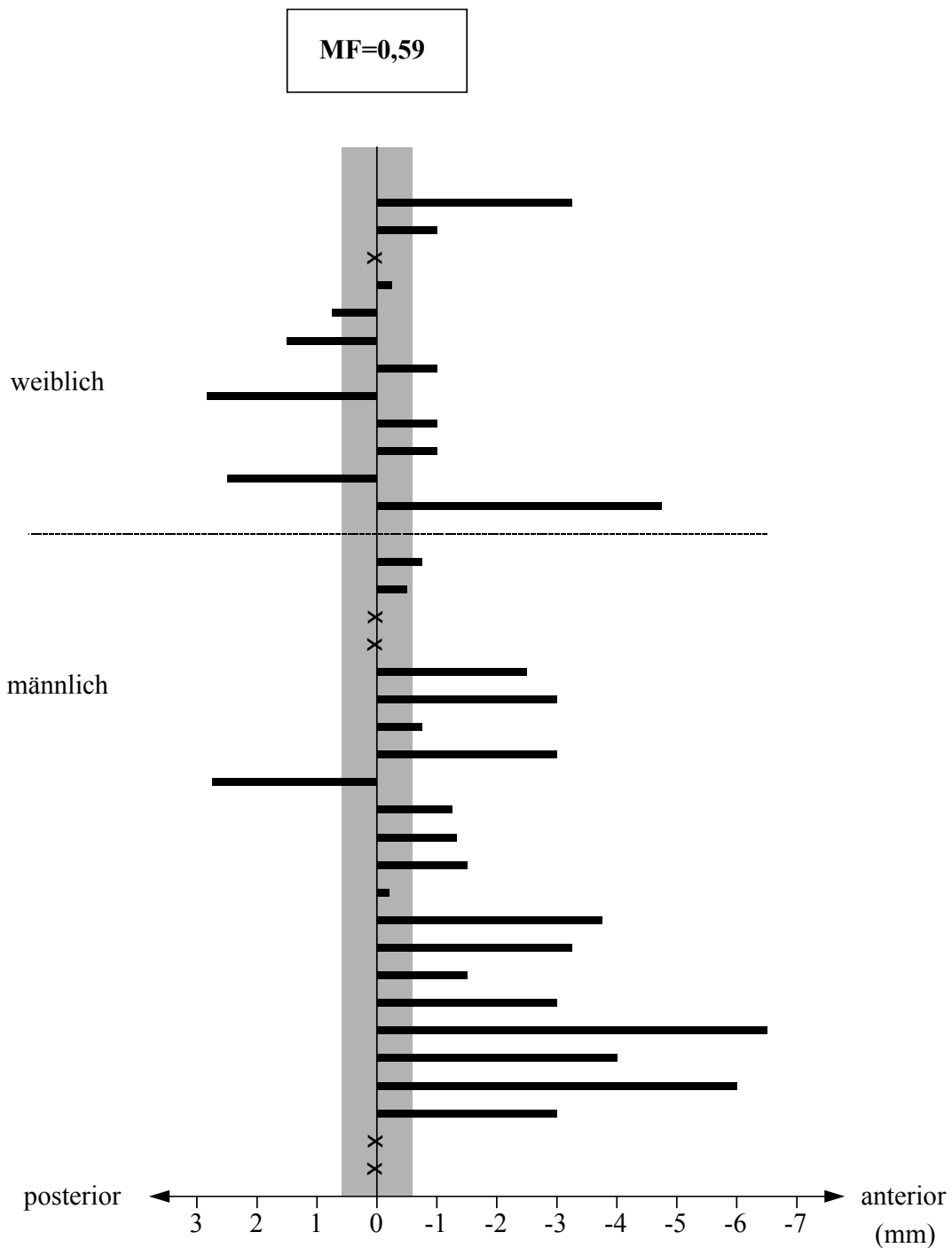


Abb. 60: Individuelle **Unterkieferrotation** der einzelnen Herbst-Probanden (23 männliche, 12 weibliche) unter Berücksichtigung des Methodenfehlers (MF) während des Zeitraumes **T4-T1**
x bedeutet: Proband mit unverändertem Messwert

5.5.2 Vergleich männlicher und weiblicher Herbst-Probanden

(Tab. 4, 6; Abb. 56)

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) war bei der Unterkieferrotation kein statistischer Geschlechtsunterschied zu verzeichnen.

Während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2) von 7,5 Monaten zeigten männliche Probanden im Vergleich zu weiblichen Probanden durchschnittlich größere Rotationswerte nach anterior auf ($1,4^\circ$; $p < 0,001$).

Während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wiesen weibliche Probanden durchschnittlich eine anteriore Rotation der Mandibula auf ($0,4^\circ$; $p < 0,05$), währenddessen die männlichen Probanden das erreichte Niveau beibehielten und keine weitere Rotation aufzeigten.

Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) wiesen männliche Probanden durchschnittlich größere Rotationswerte als weibliche Probanden auf ($1,5^\circ$; $p < 0,01$). Dabei lag bei den männlichen Probanden eine ausgeprägte anteriore Rotation ($1,8^\circ$; $p < 0,001$) vor. Die weiblichen Probanden zeigten dagegen unbedeutende Neigungsveränderungen ($0,3^\circ$; n.s.) der Mandibula auf.

5.5.3 Vergleich männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden

(Tab. 4, 8, 9; Abb. 61)

Während des Zeitraumes T2-T1 war sowohl bei den Herbst-Probanden ($0,6^\circ$; n.s.) wie auch bei den Kontroll-Probanden ($0,7^\circ$; $p < 0,05$) nur eine geringe anteriore Unterkieferrotation zu verzeichnen.

Insgesamt gesehen wiesen die Kontroll-Probanden durchschnittlich einen nicht signifikanten größeren Messwert ($0,1^\circ$; n.s.) als die Herbst-Probanden auf.

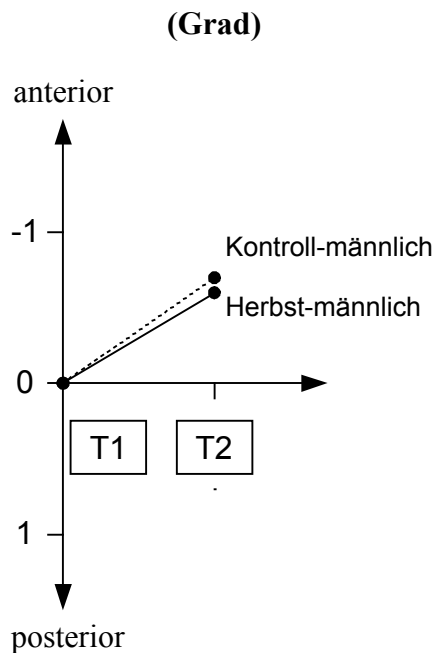


Abb. 61: Durchschnittliche Unterkieferrotation (RL) der 23 männlichen Herbst-Probanden und der 12 männlichen Kontroll-Probanden
Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung

6 Diskussion

6.1 Material und Methode

Das dieser Studie zugrunde liegende Material umfasst ein relativ großes und einheitliches Probandengut von Klasse II:1-Dysgnathien. Zudem stand eine Kontroll-Gruppe von unbehandelten Klasse II:1-Dysgnathien zur Verfügung.

Bei der Auswahl der Probanden wurde auf die möglichst exakte Einhaltung der Untersuchungstermine als auch auf eine annähernd vergleichbare Altersverteilung geachtet. Weiterhin war der Behandlungszeitraum bei den Probanden annähernd gleich lang und alle Probanden wurden mit demselben Gerät – der Herbst-Apparatur – therapiert. Dieses Gerät hat den Vorteil, dass es völlig unabhängig von der Mitarbeit des Patienten wirkt. Außerdem wurden sämtliche Probanden von demselben Kieferorthopäden (Betreuer dieser Arbeit) behandelt. Alle genannten Tatsachen sind somit vorteilhaft für die Gewährung einer hohen Aussagekraft dieser Studie.

Als Nachteil zu bewerten war aber, dass die unbehandelte Kontroll-Gruppe nur aus männlichen Probanden bestand, da sich keine – den Kriterien entsprechenden – weiblichen Fälle fanden. Weiterhin war der Untersuchungszeitraum der Kontroll-Probanden kurz, entsprach aber dem Behandlungszeitraum der Herbst-Probanden. Eine Ausweitung dieser kurzen Kontrollperiode war jedoch aus ethischen Gründen nicht möglich.

Zur Reduzierung des Methodenfehlers bei der Röntgenbildanalyse erfolgte die Auswertung der Bilder durch denselben Untersucher (Verfasserin dieser Arbeit) unter standardisierten Bedingungen, und der Mittelwert aus Doppelmessungen wurde als eigentlicher Messwert verwendet.

Das methodisch größte Problem bei dieser Untersuchung war die Bestimmung der Fossaverlagerung. Die Validität der Methode (*Buschang und Santos-Pinto, 1998*) setzt eine unveränderte Kondylus-Fossa-Beziehung zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten voraus. Eine veränderte Lage des Kondylus innerhalb der

Fossa täuscht nämlich eine Fossaverlagerung vor, die röntgenkephalometrisch aber nicht festgestellt werden kann. Studien von *Ruf und Pancherz* (1998) konnten jedoch zeigen, dass die Fossa-Kondylus-Beziehung durch die Herbst-Behandlung im Durchschnitt bei einer Probandengruppe unbeeinflusst bleibt, d.h. dass der Kondylus nach der Herbst-Behandlung dieselbe zentrale Fossaposition wie vor der Behandlung einnimmt. Des Weiteren haben *Hansen et al.* (1991) bei Herbst-Patienten viele Jahre nach Behandlungsabschluss mit Hilfe lateraler Kiefergelenkstomogramme zeigen können, dass eine normale zentrale Kondylusposition innerhalb der Fossa in der Regel vorhanden war.

Zur Messung des Kondyluswachstums wurde ein anatomischer Punkt am Gelenkkopf (Co) definiert. Der Gelenkkopf ist aber im mundgeschlossenen FRS aufgrund der Überlagerung durch das Os temporale nur schwer sichtbar darzustellen. Als Alternative zum anatomischen Gelenkkopf wurde deshalb in einigen Studien (*Williams und Melsen*, 1982; *Isaacson et al.*, 1977; *Buschang und Santos-Pinto*, 1998) der Ar-Punkt, der durch den Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Collum mandibulae mit der Schädelbasis im Clivusbereich definiert ist, verwendet. Der Ar-Punkt unterliegt jedoch Wachstumsveränderungen und ist somit nicht für Verlaufsstudien geeignet (*Stickel und Pancherz*, 1988). Um dem Problem der Definition eines geeigneten Kondyluspunktes zu entgehen, wurden für diese Untersuchung zusätzlich mundoffene FRS zur Kiefergelenksdarstellung herangezogen und die Kontur des Kondylus vom mundoffenen FRS auf das entsprechende mundgeschlossene FRS übertragen.

Um generell allen Problemen mit der Definition von anatomischen Messpunkten zur Ermittlung der Fossa- und Kondylusveränderungen aus dem Wege zu gehen, wurden zusätzlich die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (*Creekmore*, 1967) ermittelt. Durch Verwendung eines arbiträren Kiefergelenkpunktes (Co-A) war es möglich, durch zwei Superponierungsverfahren der Röntgenbilder (siehe Methode) den Summationseffekt von Kondylus- und Fossaveränderungen sowie Lageveränderungen des Kondylus innerhalb der Fossa zu erfassen.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Fossaverlagerung

Eine wachstumsbedingte Verlagerung der Fossa nach hinten und unten ist physiologisch (*Björk und Skieller, 1972; Buschang und Santos-Pinto, 1998*). Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) zeigte sich bei den Herbst-Probanden aber eine Verlagerung des Co-Punktes in anteriore und inferiore Richtung. Dies kann durch eine Anteriorverlagerung der Fossa als Reaktion auf die Herbst-Behandlung bedingt sein. Die bei Tierversuchen histologisch nachgewiesenen Umbauprozesse an der hinteren Fossawand (*Breitner, 1930; Stöckli und Willert, 1971; Woodside et al., 1987*) sowie die bei den Herbst-Probanden im MRT dargestellten Fossaveränderungen (*Ruf und Pancherz, 1998*) bestätigen diese Annahme. Es kann aber – wie schon erwähnt – nicht ausgeschlossen werden, dass durch eine Positionsveränderung des Kondylus innerhalb der Fossa durch die Herbst-Behandlung eine Fossaverlagerung vorgetäuscht wird.

Auffällig war, dass die weiblichen Probanden im Vergleich zu den männlichen Probanden im Behandlungszeitraum eine inferiore Veränderung des Co-Punktes von wesentlich geringerem Ausmaß zeigten. Diese Tatsache könnte dafür sprechen, dass es sich doch um eine Verlagerung der Fossa und nicht um eine Verlagerung des Kondylus innerhalb der Fossa handelt. Erwartungsgemäß sollten nämlich bei einer Kondyluspositionsveränderung beide Geschlechter gleichermaßen reagieren. Die deutlich geringere Inferiorverlagerung des Co-Punktes beim weiblichen Geschlecht könnte auf ein allgemein geringeres Wachstumspotential von Mädchen im Vergleich zu Jungen während der Untersuchungsperiode zurückzuführen sein (*Björk und Helm, 1967; Taranger und Hägg, 1980*).

In der ersten (T3-T2) und zweiten (T4-T3) posttherapeutischen Kontrollperiode kam es zu einer ausgeprägten rückläufigen Verlagerung des Co-Punktes in posteriore Richtung. Während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1) verlagerte sich somit der Co-Punkt in posteriore und inferiore Richtung entsprechend der normalen wachstumsbedingten Verlagerung der Fossa (*Buschang und Santos-Pinto, 1998; Björk und Skieller, 1972*).

Bei den weiblichen Herbst-Probanden war im Vergleich zu den männlichen Herbst-Probanden vor allem in den ersten 7,5 Monaten nach der Behandlung (T3-T2) die Veränderung des Co-Punktes nach posterior annähernd nur halb so groß. Dieser Geschlechterunterschied könnte wiederum auf das relativ kleinere Wachstumspotential der weiblichen Probanden zurückgeführt werden.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Herbst-Apparatur einen nur vorübergehenden Einfluss auf die Wachstumsverlagerung der Fossa von posterior nach anterior hat.

6.2.2 Kondyluswachstum

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) mit der Herbst-Apparatur zeigte sich ein deutliches Kondyluswachstum in superioren und posterioren Richtung. Die unbehandelten männlichen Kontroll-Probanden zeigten für diesen Zeitraum fast ausschließlich ein nach superior ausgerichtetes Wachstum, das zudem von wesentlich geringerem Ausmaß als das der männlichen Herbst-Probanden war. Durch die Herbst-Apparatur kam es somit zu einem erheblich gesteigerten (stimulierten) Kondyluswachstum vor allem in posteriore Richtung (*Pancherz und Littmann, 1989; Ruf und Pancherz, 1998*).

In den ersten 7,5 Monaten nach Behandlung (T3-T2) setzte sich das Kondyluswachstum fort, jedoch in geringerem Ausmaß und mit einer leicht stärkeren Tendenz nach superior (männliche Probanden) (*Pancherz, 1981; Pancherz und Littmann, 1989*). Dies könnte auf eine „Erholungsphase“ des Kondyluswachstums nach der Herbst-Behandlung zurückzuführen sein (*Pancherz, 1981; Pancherz und Littmann, 1989*).

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss wurde das posttherapeutische superior ausgerichtete Wachstum des Kondylus beibehalten. Richtung und Ausmaß dieses Wachstums können sicherlich mit einer normalen Wachstumsentwicklung gleichgestellt werden (*Buschang und Santos-Pinto, 1998*).

Wie bei der Fossaverlagerung lagen beim Kondyluswachstum während der verschiedenen Untersuchungsperioden durchgehend größere Veränderungen bei männlichen als bei weiblichen Probanden vor, was erneut auf das unterschiedliche Wachstumspotential der beiden Geschlechter zurückzuführen ist.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Herbst-Apparatur vorübergehend das Kondyluswachstum stimuliert und nach posterior richtet.

6.2.3 „Effektive“ Kiefergelenksveränderung

Die Veränderung des Co-A-Punktes spiegelt – wie schon mehrmals erläutert – den Summationseffekt der Wachstumsveränderungen im Kondylus und in der Fossa sowie der Lageveränderung des Kondylus in der Fossa wider.

Grundsätzlich war das Muster der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen vergleichbar mit dem des Kondyluswachstums. Das galt sowohl für die beiden Geschlechter zusammen als auch für männliche und weibliche Probanden getrennt. Auch die Gegenüberstellung männlicher Herbst- und Kontroll-Probanden führte zum selben Ergebnis.

In Bezug zur Richtungsveränderung war aber auffällig, dass die ermittelten Tendenzen der Kondyluswachstumsveränderungen während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) und der ersten 7,5 Monate nach der Behandlung (T3-T2) bei den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen deutlicher ausgeprägt waren. Im Vergleich zum Kondyluswachstum kam es hier während der Behandlungsperiode zu einer deutlichen Verlagerung des Co-A-Punktes nach posterior und während der ersten posttherapeutischen Periode nach superior (Abb. 62). Dies ist mit den gegensätzlichen Fossaveränderungen in den beiden Perioden zu erklären (anteriore Veränderung während der Behandlung und posteriore Veränderung danach).

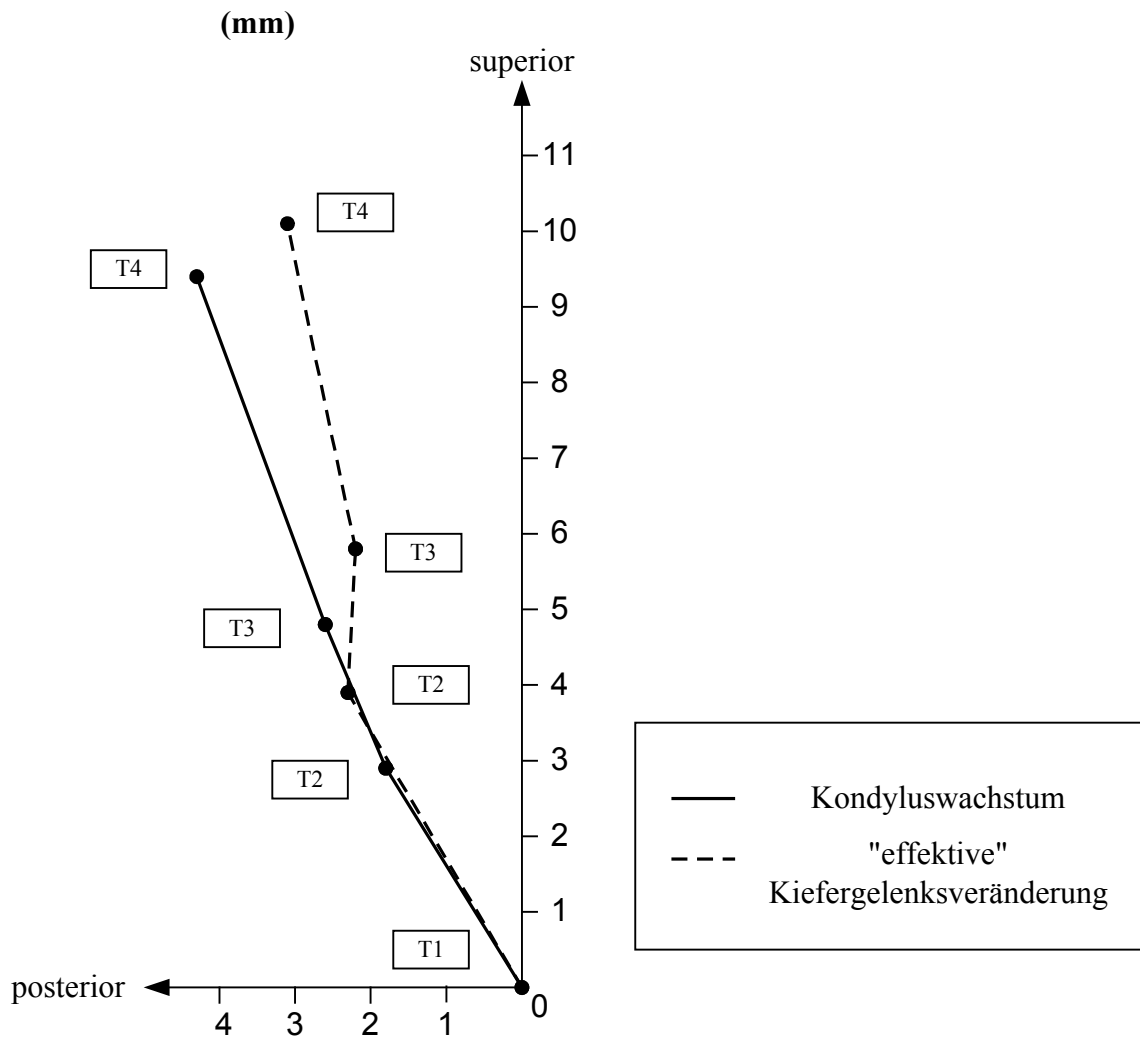


Abb.62: Durchschnittliches **Kondyluswachstum (Co)** sowie durchschnittliche „effektive“ **Kiefergelenksveränderung (Co-A)** der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen hauptsächlich ein Ergebnis der Kondyluswachstumsveränderung sind. Während und unmittelbar nach der Herbst-Behandlung beeinflussen aber Fossaveränderungen (und eventuelle Lageveränderungen des Kondylus in der Fossa) die Richtung der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen.

6.2.4 Kinnlageveränderung und Unterkieferrotation

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) kam es bei den Herbst-Probanden durchschnittlich zu einer Verlagerung des Kinnpunktes nach anterior und inferior. Dabei zeigten die männlichen Herbst-Probanden bei annähernd gleicher Richtung wie die weiblichen Herbst-Probanden größere Messwerte auf. Die unbehandelte männliche Kontroll-Gruppe folgte in diesem Zeitraum ebenfalls dieser Richtung, jedoch in etwa fünffach geringerem Ausmaß als die männliche Herbst-Gruppe. Dieser Gruppenunterschied ist mit dem stimulierten Kondyluswachstum sowie der Fossaverlagerung (und eventuellen Verlagerung des Kondylus in der Fossa) nach anterior bei den Herbst-Probanden zu erklären.

Während der 7,5-monatigen Behandlungsperiode (T2-T1) kam es nur bei männlichen Herbst-Probanden zu einer geringfügigen Rotation des Unterkiefers nach anterior. Bei den weiblichen Probanden war keine Unterkieferrotation zu sehen. Die unbehandelte männliche Kontroll-Gruppe wies für diesen Zeitraum eine fast gleich große anteriore Unterkieferrotation wie die männlichen Herbst-Probanden auf. Dieses Rotationsmuster entspricht auch den Wachstumsveränderungen, die bei unbehandelten Klasse I-Fällen zu finden sind (*Riolo et al.*, 1974; *Bathia und Leighton*, 1993). Die Ergebnisse zeigen somit, dass es durch die Herbst-Behandlung zu keiner negativen Beeinflussung der vertikalen Kieferrelation – d.h. zu keiner posterioren Unterkieferrotation – kommt (*Pancherz*, 1979; *Ruf und Pancherz*, 1998).

In den ersten 7,5 Monaten nach Behandlung (T3-T2) setzte sich bei den männlichen Herbst-Probanden die Verlagerung des Kinnpunktes gleichmäßig nach anterior und inferior fort, wohingegen die weiblichen Probanden deutlich nach posterior und inferior

umschwenkten. Bei beiden Geschlechtern war das Ausmaß der Kinnlageveränderung im Vergleich zum Behandlungszeitraum T2-T1 deutlich vermindert. Die Ursache dafür kann in einer „Erholungsphase“ des Kondyluswachstums nach der Behandlung gesehen werden (*Pancherz, 1981; Pancherz und Littmann, 1989*). Weiterhin führt ein „Setzen“ der Okklusion nach der Behandlung (*Pancherz und Hansen, 1986*) zu einer anterioren Unterkieferrotation und damit zu einer mehr anterioren Verlagerung des Kinns (*Kohlhas, 1997; Pancherz et al., 1998*). Diese anteriore Rotation war bei männlichen Probanden ausgeprägter als bei den weiblichen und kann somit dazu beitragen, die unterschiedliche Richtung der Kinnlageveränderungen der beiden Geschlechter zu erklären.

In der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3) von 7,5 Monate bis 3 Jahre nach Behandlungsabschluss zeigten die männlichen Probanden aufgrund ihres größeren verbliebenen Wachstumspotentials eine beinahe fünfmal so große Verlagerung des Pg-Punktes als weibliche Probanden auf. Bei beiden Geschlechtern kam es zu einer gleichgerichteten Verlagerung des Kinnpunktes nach anterior und inferior. Die Erklärung liegt sicherlich darin, dass keine Unterkieferrotation während dieser Periode bei beiden Geschlechtern zu finden war. Dies steht gewissermaßen in Widerspruch zu *Ruf und Pancherz (1998)*, welche eine fortlaufende deutliche anteriore Rotation des Unterkiefers nach abgeschlossener Herbst-Behandlung fanden. Unterschiede in der Messtechnik können aber eine Erklärung darstellen. In dieser Untersuchung wurde eine „künstliche Implantatlinie“, in der Untersuchung von *Ruf und Pancherz (1998)* die Tangente am unteren Mandibularrand (Mandibularlinie) als Referenzlinie verwendet. Die Implantatlinie wird durch periostale Umbauvorgänge nicht beeinflusst, die Mandibularlinie hingegen doch (*Björk und Skieller, 1983*).

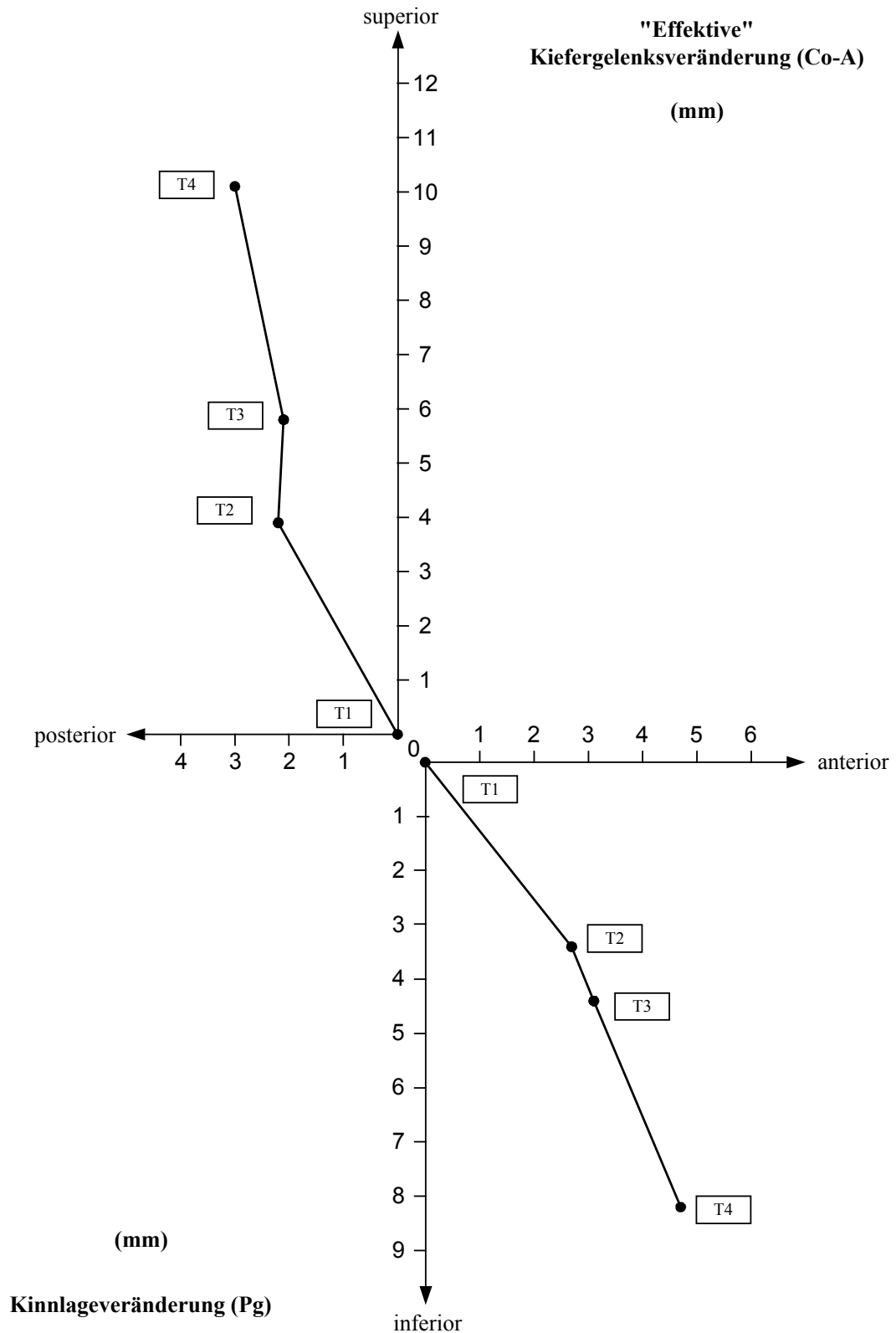


Abb. 63: Durchschnittliche „effektive“ Kiefergelenksveränderung (Co-A) sowie durchschnittliche Kinnlageveränderung (Pg) der 23 männlichen und 12 weiblichen Herbst-Probanden zusammen
 Dabei bedeutet: T1: vor der Behandlung; T2: nach der Behandlung;
 T3: 7,5 Monate nach der Behandlung; T4: 3 Jahre nach der Behandlung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in Bezug auf Richtung und Ausmaß die Kinnlageveränderungen in etwa ein Spiegelbild der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen sind (Abb. 63), wenn keine Unterkieferrotation vorliegt (*Pancherz et al.*, 1998). Eine posteriore Rotation würde zu einer mehr inferioren und eine anteriore Rotation zu einer mehr anterioren Kinnverlagerung führen (*Kohlhas*, 1997; *Pancherz et al.*, 1998).

7 Schlussfolgerung

Richtung und Ausmaß von Kiefergelenksveränderungen werden vorübergehend durch die Herbst-Apparatur günstig beeinflusst, um eine Kinnvorverlagerung bei Klasse II:1-Dysgnathien zu fördern: (1) Verlagerung der Fossa articularis in anteriore Richtung, (2) Stimulierung des Kondyluswachstums, – speziell in posteriore Richtung. Dabei führt die Herbst-Behandlung zu keiner ungünstigen posterioren Unterkieferrotation, die einer Kinnvorverlagerung entgegenwirkt.

8 Zusammenfassung

Untersucht wurde die Richtung und das Ausmaß von Kiefergelenksveränderungen (Fossaverlagerung, Kondyluswachstum, „effektive“ Kiefergelenksveränderung), Kinnlageveränderung sowie Unterkieferrotation während und nach einer Herbst-Behandlung.

35 Klasse II:1-Dysgnathien (23 männliche, 12 weibliche) mit einem Durchschnittsalter von 13 Jahren, bei denen eine Behandlung mit der Herbst-Apparatur durchgeführt worden war, wurden röntgenkephalometrisch begutachtet. Von allen Herbst-Probanden lagen mundgeschlossene sowie mundoffene Fernröntgenseitenbilder des Kopfes (FRS) zu vier definierten Untersuchungszeitpunkten vor: vor der Herbst-Behandlung (T1), nach 7,5-monatiger Behandlung (T2), 7,5 Monate nach Behandlungsabschluss (T3) und 3 Jahre nach Behandlungsabschluss (T4). Zum Vergleich standen außerdem mundgeschlossene und mundoffene FRS einer Kontroll-Gruppe von 12 unbehandelten männlichen Klasse II:1-Probanden für den Zeitraum von vor (T1) und nach der Behandlung (T2) zur Verfügung.

Sämtliche kephalometrischen Veränderungen wurden in Bezug zu einem an Bild T1 definierten Referenzkreuz (RL/RLp) als x- und y-Koordinaten gemessen.

Zur Erfassung der Fossaverlagerung wurde an jedem Röntgenbild ein anatomischer Punkt am Gelenkkopf (Co) definiert, dessen Veränderung nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis in Bezug zum Referenzkreuz gemessen wurde. Die Validität der Messmethode hängt von einer unveränderten Kondylus-Fossa-Relation zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten ab.

Zur Erfassung des Kondyluswachstums wurde ebenfalls der Co-Punkt herangezogen, dessen Veränderung nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers in Bezug zum Referenzkreuz gemessen wurde.

Zur Erfassung der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (=Summationseffekt der Wachstumsveränderungen im Kondylus und in der Fossa sowie Lageveränderung des Kondylus in der Fossa) wurde im Bild T1 ein willkürlicher „Mittelpunkt“ des Kiefergelenkkopfes (Co-A) festgelegt und auf die anderen Bilder einer Serie nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen. Die Veränderung des Co-A-Punktes wurde nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers in Bezug zum Referenzkreuz gemessen.

Zur Erfassung der Kinnlageveränderung wurde im Bild T1 ein Kinnpunkt (Pg), der als anteriorster Punkt des knöchernen Kinns definiert wurde, festgelegt und auf die anderen Bilder einer Serie nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers übertragen. Die Veränderung des Pg-Punktes wurde in Bezug zum Referenzkreuz nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis gemessen.

Die Erfassung der Unterkieferrotation erfolgte anhand der horizontalen Linie (RL) des Referenzkreuzes, die am Bild T1 festgelegt und auf die anderen Bilder einer Serie nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen wurde. Die Veränderung der Neigung der RL-Linie wurde nach Überlagerung der FRS über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers gemessen.

Die Studie führte zu folgenden Ergebnissen:

- Die Herbst-Behandlung führte zu einer Fossaverlagerung nach anterior und inferior. Methodisch bedingt kann aber nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob es sich ausschließlich um eine Fossaverlagerung und nicht auch um eine Verlagerung des Kondylus innerhalb der Fossa handelt.
- Das Kondyluswachstum wurde während der Herbst-Behandlung stimuliert und insbesondere nach posterior gerichtet.
- Die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen wurden hauptsächlich durch das Kondyluswachstum bestimmt. Fossaveränderungen und eventuelle Lageveränderungen des Kondylus innerhalb der Fossa spielten dabei eine untergeordnete Rolle.

- Die Kinnlageveränderungen waren in Bezug auf Richtung und Ausmaß ein Spiegelbild der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (vorausgesetzt es lag keine zeitgleiche Unterkieferrotation vor).
- Die Herbst-Behandlung (T2-T1) führte zu keiner Beeinflussung der geringfügigen natürlichen wachstumsbedingten Unterkieferrotation nach anterior.
- Während der ersten 7,5 Monate nach der Herbst-Behandlung (T3-T2) zeigten sämtliche Kiefergelenks- und Kinnveränderungen in Bezug auf Richtung und Ausmaß eine rückläufige Tendenz (Erholungsphase).
- Während der folgenden 2,4 Jahre nach der Herbst-Behandlung (T4-T3) konnten sämtliche Veränderungen mit physiologischen Wachstumsveränderungen verglichen werden.
- Alle Veränderungen während und nach der Herbst-Behandlung waren bei männlichen Probanden stärker ausgeprägt als bei weiblichen.

Schlussfolgernd war festzustellen, dass Richtung und Ausmaß von Kiefergelenksveränderungen (Fossa, Kondylus, „effektive“ Kiefergelenksveränderungen), welche zu einer Kinnvorverlagerung während einer Herbst-Behandlung beitragen, nur vorübergehend zu beeinflussen sind.

9 Literaturverzeichnis

Andresen, V., Häupl, K.: Funktions-Kieferorthopädie.

Verlag H. Meusser, Berlin, 1936.

Angle, E. H.: Malocclusion of the teeth.

S. S. White Dental Mfg. Co, Philadelphia, 1907.

Balters, W.: Die Technik und Übung der allgemeinen und speziellen Bionatortherapie.

Quintessenz Ref. 2378, 1-9, 1964.

Bathia, S. N., Leighton, B. C.: A Manual of Facial Growth.

Oxford University Press, Oxford, 1993.

Baume, L. J., Derichsweiler, H.: Is the condylar growth center responsive to orthodontic therapy? An experimental study in *Macaca mulatta*.

Oral Surg. 14: 347-62, 1961.

Birkebaek, L., Melsen, B., Terp, S.: A laminagraphic study of the alterations in the temporomandibular joint following activator treatment.

Eur. J. Orthod. 6: 257-66, 1984.

Björk, A.: The principles of the Andresen method of orthodontic treatment: A discussion based on cephalometric x-ray analysis of treated cases.

Am. J. Orthod. 37: 437-58, 1951.

Björk, A.: Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method.

J. Dent. Res. Supplement 1 42: 400-11, 1963.

Björk, A.: Prediction of mandibular growth rotation.

Am. J. Orthod. 55: 585-99, 1969.

- Björk, A., Helm, S.:** Prediction of the Age of Maximum Puberal Growth in Body Height.
Angle Orthod. 37: 134-143, 1967.
- Björk, A., Skieller, V.:** Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty.
Am J. Orthod. 62: 339-83, 1972.
- Björk, A., Skieller, V.:** Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years.
Eur. J. Orthod. 5: 1-46, 1983.
- Breitner, C.:** Experimentelle Veränderungen der mesiodistalen Beziehungen der oberen und unteren Zahnreihen.
Zschr. Stomatol. 28: 620-35, 1930.
- Buschang, P. H., Santos-Pinto, A.:** Condylar growth and glenoid fossa displacement during childhood and adolescence.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 113: 437-42, 1998.
- Creekmore, T. D.:** Inhibition or stimulation of the vertical growth of the facial complex – Its significance to treatment.
Angle Orthod. 37: 285-97, 1967.
- Dahlberg, G.:** Statistical methods for medical and biological students.
Interscience Publications, New York, 1940.
- Ehmer, U.:** Zu Formveränderungen der Mandibula unter Therapie und Wachstum bei skelettaler Unterkieferrücklage und dentoalveolärer Klasse II/1.
Fortschr. Kieferorthop. 46: 249-60, 1985.
- Fränkel, R.:** Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis.
Quintessenz Ref. 2355, 1-7, 1964.

Häupl, K.: Zur Frage des kieferorthopädischen Gelenkumbaus.

Fortschr. Kieferorthop. 19: 1-8, 1958.

Häupl, K., Petrik, L.: Funktionskieferorthopädie.

Verlag Johann Ambrosius Barth, 5. Auflage, München, 1953.

Hansen, K., Pancherz, H., Hägg, U.: Long-term effects of the Herbst appliance in relation to the treatment growth period. A cephalometric study.

Eur. J. Orthod. 13: 471-81, 1991.

Harvold, E. P.: Bone remodelling and orthodontics.

Eur. J. Orthod. 7: 217-30, 1985.

Harvold, E. P., Vargervig, K.: Morphogenetic response to activator treatment.

Am. J. Orthod. 60: 478-90, 1971.

Herbst, E.: Atlas und Grundriß der Zahnärztlichen Orthopädie.

Lehmanns, München 1910.

Herbst, E.: Dreissigjährige Erfahrungen mit dem Retentionsscharnier.

Zahnärztliche Rundschau 43: 1515-24, 1563-8, 1611-6, 1934.

Hotz, R.: Application and appliance manipulation of functional forces.

Am. J. Orthod. 58: 459-78, 1970.

Isaacson, R. J., Zapfel R. J., Worms, F. W., Bevis, R. R., Speidel, T. M.: Some effects of mandibular growth on the dental occlusion and profile.

Angle Orthod. 47: 97-106, 1977.

Jakobsson, S. O.: Cephalometric evaluation of treatment effect on Class II, Division 1 malocclusions.

Am. J. Orthod. 53: 446-57, 1967.

- Kohlhas, P.:** „Effektive“ Kiefergelenks- und Kinnveränderungen bei der Herbst-Behandlung. Eine röntgenkephalometrische Langzeituntersuchung.
Med. Diss. JLU Gießen, 1997.
- Korkhaus, G.:** Present orthodontic thought in Germany. Experiences with the Norwegian method of functional orthopedics in the treatment of distocclusion.
Am. J. Orthod. 46: 270-87, 1960.
- Marschner, J., Harris, J.:** Mandibular growth and Class II treatment.
Angle Orthod. 36: 89-93, 1966.
- McNamara, J. A. Jr.:** Neuromuscular and skeletal adaptation to altered function in the orofacial region.
Am. J. Orthod. 64: 588-606, 1973.
- McNamara, J. A. Jr., Howe, P. R., Dischinger, T. G.:** A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 98: 134-44, 1990.
- Pancherz, H.:** Long-term effects of activator (Andresen appliance) treatment. A clinical, biometric, cephalometric roentgenographic and functional analysis.
Odontol. Revy, 27, Suppl. 35: 1-70, 1976.
- Pancherz, H.:** Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation.
Am. J. Orthod. 76: 423-41, 1979.
- Pancherz, H.:** The effect of continuous bite jumping on the dentofacial complex: A follow-up study after Herbst appliance treatment of Class II malocclusions.
Eur. J. Orthod. 3: 49-60, 1981.
- Pancherz, H.:** The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation.
Am. J. Orthod. 82: 104-13, 1982.

- Pancherz, H.:** A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment.
Am. J. Orthod. 85: 125-34, 1984.
- Pancherz, H., Hansen, K.:** Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation.
Eur. J. Orthod. 8: 215-28, 1986.
- Pancherz, H., Littmann, C.:** Morphologie und Lage des Unterkiefers bei der Herbst-Behandlung. Eine kephalometrische Analyse der Veränderungen bis zum Wachstumsabschluß.
Inf. Orthod. Kieferorthop. 21: 493-513, 1989.
- Pancherz, H., Ruf, S., Kohlhas, P.:** "Effective condylar growth" and chin position changes in Herbst treatment: A cephalometric roentgenographic long-term study.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 114: 437-46, 1998.
- Parkhouse, R. C.:** A cephalometric appraisal of cases of Angle's Class II, Division 1 malocclusion treated by the Andresen appliance.
Trans. Br. Soc. Orthod. 55: 61-70, 1969.
- Riolo, M. L., Moyer, R. E., McNamara, J. A., Stuart Hunter, W.:** An Atlas of Cranofacial Growth.
Monograph Number 2, Cranofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 1974.
- Ruf, S., Pancherz, H.:** Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study.
Eur. J. Orthod. 20: 375-88, 1998.
- Stickel, A., Pancherz, H.:** Can "articulare" be used in the cephalometric analysis of mandibular length? A methodologic study.
Eur. J. Orthod. 10: 362-8, 1988.

Stöckli, P. W., Willert, H. G.: Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey.

Am. J. Orthod. 60: 142-155, 1971.

Taranger, J., Hägg, U.: The timing and duration of adolescent growth.

Acta Odontol. Scand. 38, 57-67, 1980.

Vargervig, K., Harvold, E. P.: Response to activator treatment in Class II malocclusions.

Am. J. Orthod. 88: 242-51, 1985.

Weinberger, W. W.: Orthodontics. A historical review of its origin and evolution.

Vol. II, The Mosby Company, New York, 1926

Wieslander, L., Lagerström, L.: The effect of Activator on Class II malocclusions.

Am. J. Orthod. 75: 20-6, 1979.

Williams, S., Melsen, B.: Condylar development and mandibular rotation and displacement during activator treatment.

Am. J. Orthod. 81: 322-6, 1982.

Woodside, D. G.: Some effects of activator treatment on the mandible and the midface.

Trans. Eur. Orthod. Soc. pp. 443-7, 1973.

Woodside, D. G., Altuna, G., Harvold, E., Herbert, M., Metaxas, A.: Primate experiments in malocclusion and bone induction.

Am. J. Orthod. 83: 460-8, 1983.

Woodside, D. G., Metaxas, A., Altuna, G.: The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodelling.

Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 92: 181-98, 1987.

10 Anhang

Die Tabellen A1-A8 (Seite 118-125) stellen die individuellen Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei den 23 männlichen sowie 12 weiblichen Herbst-Probanden während der verschiedenen Untersuchungsperioden dar. Tabelle A9 (Seite 126) zeigt die individuellen Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei den 12 männlichen Kontroll-Probanden während des Untersuchungszeitraumes T2-T1.

Tab. A 1: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 23 männlichen Herbst-Probanden während der Behandlungsperiode (T2-T1)

Variable	männliche Probanden												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	-0,50	+0,25	-0,25	+0,00	+1,00	+1,25	-0,75	-1,50	-2,00	-0,50	+0,25	-1,25	+0,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	-0,50	+0,00	-1,25	-2,25	+0,50	+0,50	-1,50	+0,00	-2,75	-2,25	-0,75	-2,75	-0,50
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+2,75	+3,50	+2,00	+1,00	+5,75	+2,50	+2,00	-0,25	+0,00	+2,00	+1,50	+2,25	+9,33
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+5,25	+3,00	+4,25	+2,75	+1,00	+1,75	+2,00	+4,00	+2,00	+3,50	+3,00	+4,00	-0,33
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+3,50	+3,00	+2,50	+1,25	+4,25	+1,25	+2,75	+1,50	+2,00	+2,25	+1,50	+3,50	+9,17
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+5,50	+3,00	+5,50	+5,00	+1,00	+2,25	+4,00	+4,00	+4,50	+5,50	+4,00	+7,00	+0,50
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+5,00	+0,25	+2,50	+1,75	+0,25	+1,50	+4,50	+4,00	+1,50	+5,50	+2,00	+5,00	+4,67
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	+4,25	+6,00	+4,50	+3,00	+6,75	+3,00	+2,50	+0,50	+5,00	+2,25	+2,75	+6,00	+4,67
Unterkieferrotation [Ukü]	-1,00	+2,00	-0,50	-1,25	+4,25	+0,50	-1,00	-2,50	+0,25	-2,50	-1,00	-0,75	+3,00

Variable	männliche Probanden												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	+0,00	-0,50	-1,00	+0,00	+0,50	-2,00	+1,00	-1,75	-1,50	-0,25			
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	-0,75	-1,50	-2,00	+0,50	-0,25	-2,25	+0,25	-4,75	-1,50	-5,00			
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+1,25	+2,00	+1,50	+1,00	+0,00	+3,25	+1,50	+2,50	+1,00	+2,50			
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+6,50	+3,75	+2,50	+3,75	+6,00	+2,75	+3,50	+1,75	+2,75	+1,00			
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+1,00	+2,50	+2,00	+1,00	+0,00	+5,00	+0,75	+4,25	+2,75	+2,75			
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+7,75	+5,00	+4,50	+3,50	+6,00	+5,00	+3,00	+6,25	+5,00	+5,75			
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+2,25	+3,75	+5,50	+1,25	+2,50	+7,25	+0,75	+7,00	+2,00	+2,25			
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	+6,75	+1,75	-0,25	+4,00	+2,50	+2,25	+2,25	+2,75	+5,50	+7,25			
Unterkieferrotation [Ukü]	-1,00	-2,50	-3,75	+0,00	-2,50	-2,00	-1,00	-2,25	+0,50	+1,00			

Anmerkung:

Sbū = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 2: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 23 männlichen Herbst-Probanden während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2)

Variable	männliche Probanden												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	-0,25	+0,25	-0,50	+1,00	+1,50	+0,50	+1,25	+0,50	+2,25	+0,50	-0,25	+2,25	+4,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	-1,00	+0,50	-0,75	+1,00	+0,00	-0,50	-0,50	-0,50	+0,25	+1,00	+0,50	+0,50	-3,67
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+0,25	-0,75	+0,50	+0,75	-0,25	+0,25	+0,75	+1,50	+5,75	-0,50	-2,25	+1,25	-0,33
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	-0,25	+4,25	+0,25	+1,25	+4,25	+5,00	+2,75	+1,50	+1,00	+5,25	+4,25	+2,00	+3,50
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+0,25	-0,50	+1,00	+0,25	-1,00	-0,25	-0,25	+0,75	+3,50	-0,50	-1,50	-1,00	-3,67
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+1,00	+4,00	+2,50	+0,25	+4,25	+4,00	+2,00	+2,00	+1,00	+4,00	+3,00	+0,75	+6,83
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+1,50	+3,25	+2,50	+0,25	+1,75	+1,75	-0,50	+0,00	+2,50	-1,50	+2,75	-1,00	+0,17
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	-0,50	+0,00	+1,75	+0,75	-0,50	+1,25	+2,50	+2,00	+2,00	+4,00	-2,25	+0,75	+2,17
Unterkieferrotation [Ukü]	-1,00	-3,00	-1,00	-4,75	-3,25	-2,50	+0,00	+0,25	+0,50	+0,00	-4,00	-0,25	-3,17

Variable	männliche Probanden												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	+0,50	+1,25	+2,00	+1,00	+1,50	+3,00	+0,00	+2,75	+2,50	+0,50			
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	-0,75	-0,75	-1,00	-1,25	+0,25	-0,25	-2,25	+2,50	+4,00	+4,50			
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+0,25	+3,50	+2,50	+0,00	+4,25	-2,00	-0,75	+5,25	+0,50	+0,25			
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+1,25	-0,50	+0,00	+2,75	+2,25	+5,50	+1,00	+2,50	+1,25	+4,25			
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+0,25	+2,25	+0,25	-0,75	+2,50	-5,00	-1,25	+2,75	-1,50	-0,25			
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+1,25	+0,50	+0,75	+3,75	+2,00	+5,75	+3,25	+0,00	-0,75	-0,25			
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+1,00	+3,00	-1,50	-1,00	+3,00	-3,00	+1,25	+1,75	+0,25	+1,25			
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	-1,25	+0,25	+4,50	+3,75	+0,50	+3,50	+1,00	+1,25	-3,50	-2,25			
Unterkieferrotation [Ukü]	-2,00	+0,50	+2,50	+0,00	-0,75	-1,50	-1,50	+0,75	-2,00	-1,75			

Anmerkung:

Sbū = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 3: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 23 männlichen Herbst-Probanden während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3)

Variable	männliche Probanden												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	+4,00	+0,75	+2,25	+2,75	-3,25	-1,00	+3,50	+0,75	+2,00	+0,50	+1,75	+0,25	+1,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	+3,50	+0,00	-0,50	-2,00	-2,25	-2,50	-1,00	+0,50	+0,75	+0,75	-0,75	+0,75	+1,00
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+2,25	+0,75	+0,00	+0,00	-1,00	+1,50	+6,75	+0,50	+1,50	+0,25	+8,00	+1,25	+2,67
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+10,50	+5,00	+6,50	+12,50	+5,50	+9,25	+4,50	+6,50	+15,00	+6,00	+2,25	+4,25	+7,67
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	-1,50	+0,00	-2,25	-2,25	+2,00	+2,75	+3,50	-0,25	+0,00	-0,50	+5,75	+0,75	+1,67
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+7,00	+5,00	+7,00	+13,75	+7,00	+11,75	+5,75	+6,25	+13,50	+6,00	+3,50	+4,00	+5,00
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	-4,50	-0,75	+0,25	+3,50	+9,00	+10,00	+5,75	+0,75	+7,00	+3,00	+1,50	+1,25	+4,33
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	+9,75	+5,75	+4,50	+7,00	+0,00	+5,00	+2,00	+7,75	+6,50	+3,50	+9,75	+3,00	+3,83
Unterkieferrotation [Ukü]	+2,00	+1,00	-1,50	+0,00	-5,00	-4,50	-2,00	+0,75	-4,00	-1,25	+4,75	-0,50	-1,17

Variable	männliche Probanden									
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	+2,75	-1,50	+0,75	+3,00	-1,25	+0,25	+2,00	-0,50	-1,25	+0,50
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	+1,25	+3,75	-0,25	-3,25	-1,25	+0,25	-0,50	+2,50	-3,00	+0,50
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+2,50	+1,00	-0,25	+6,25	+2,75	+2,00	+6,25	+4,25	+2,00	+2,25
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+3,75	+4,50	+10,00	+4,25	+5,00	-0,25	+5,00	+2,50	-1,00	+3,00
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	-0,50	+2,75	-0,50	+2,75	+3,75	+1,75	+4,50	+4,75	+2,75	+1,75
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+3,00	+0,75	+10,25	+7,25	+6,00	-1,00	+5,75	+0,50	-0,25	+2,25
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	-1,25	-3,00	+1,75	+3,75	+4,50	-0,50	+1,00	+1,75	+0,75	+1,25
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	+5,00	+9,00	+7,00	+6,25	+6,50	+1,25	+9,25	+2,50	+2,00	+2,50
Unterkieferrotation [Ukü]	+1,75	+4,75	-1,75	-0,75	+0,25	+1,00	+2,50	+1,50	+2,00	+0,00

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 4: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 23 männlichen Herbst-Probanden während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1)

Variable	männliche Probanden												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	+3,25	+1,25	+1,50	+3,75	-0,75	+0,75	+4,00	-0,25	+2,25	+0,50	+1,75	+1,25	+5,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	+2,00	+0,50	-2,50	-3,25	-1,75	-2,50	-3,00	+0,00	-1,75	-0,50	-1,00	-1,50	-3,17
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+5,25	+3,50	+2,50	+1,75	+4,50	+4,25	+9,50	+1,75	+7,25	+1,75	+7,25	+4,75	+11,67
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+15,50	+12,25	+12,75	+16,50	+10,75	+16,00	+9,25	+12,00	+18,00	+14,75	+9,50	+10,25	+10,83
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+2,25	+2,50	+1,25	-0,75	+5,25	+3,75	+6,00	+2,00	+5,50	+1,25	+5,75	+3,25	+7,17
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+13,50	+12,00	+15,00	+19,00	+12,25	+18,00	+11,75	+12,25	+19,00	+15,50	+10,50	+11,75	+12,33
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+2,00	+2,75	+5,25	+5,50	+11,00	+13,25	+9,75	+4,75	+11,00	+7,00	+6,25	+5,25	+9,17
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	+13,50	+11,75	+10,75	+10,75	+6,25	+9,25	+7,00	+10,25	+13,50	+9,75	+10,25	+9,75	+10,67
Unterkieferrotation [Ukü]	+0,00	+0,00	-3,00	-6,00	-4,00	-6,50	-3,00	-1,50	-3,25	-3,75	-0,25	-1,50	-1,33

Variable	männliche Probanden												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Fossaverlagerung - sagittal [Sbū]	+3,25	-0,75	+1,75	+4,00	+0,75	+1,25	+3,00	+0,50	-0,25	+0,75			
Fossaverlagerung - vertikal [Sbū]	-0,25	+1,50	-3,25	-4,00	-1,25	-2,25	-2,50	+0,25	-0,50	+0,00			
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+4,00	+6,50	+3,75	+7,25	+7,00	+3,25	+7,00	+12,00	+3,50	+5,00			
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+11,50	+7,75	+12,50	+10,75	+13,25	+8,00	+9,50	+6,75	+3,00	+8,25			
Effekt Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+0,75	+7,50	+1,75	+3,00	+6,25	+1,75	+4,00	+11,75	+4,00	+4,25			
Effekt Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+12,00	+6,25	+15,50	+14,50	+14,00	+9,75	+12,00	+6,75	+4,00	+7,75			
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbū]	+2,00	+3,75	+5,75	+4,00	+10,00	+3,75	+3,00	+10,50	+3,00	+4,75			
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbū]	+10,50	+11,00	+11,25	+14,00	+9,50	+7,00	+12,50	+6,50	+4,00	+7,50			
Unterkieferrotation [Ukü]	-1,25	+2,75	-3,00	-0,75	-3,00	-2,50	+0,00	+0,00	+0,50	-0,75			

Anmerkung:

Sbū = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 5: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 12 weiblichen Herbst-Probanden während der Behandlungsperiode (T2-T1)

Variable	weibliche Probanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	-0,75	-1,75	+0,00	-1,00	+2,33	+0,75	-0,33	+1,50	-1,75	-1,25	-1,00	-0,25
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	-0,75	+1,75	+0,00	-3,25	+1,67	-0,75	-1,17	+0,50	-1,00	-2,25	+1,25	+3,00
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+0,25	+2,25	+0,75	+0,25	+2,83	+2,00	+0,17	+2,50	+1,25	+1,50	-0,25	+1,25
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+4,25	+1,25	+2,50	+1,75	+0,33	+2,50	+1,83	+2,50	+3,75	+2,75	+3,25	+5,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+1,00	+4,00	+0,75	+1,75	+0,00	+1,25	+0,00	+1,00	+3,00	+2,25	+1,25	+1,50
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+4,75	+0,00	+2,50	+4,50	-0,83	+3,25	+3,17	+2,00	+5,00	+5,00	+2,25	+2,00
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	+3,25	-0,50	+1,00	+5,50	-1,67	+2,75	-1,00	+0,50	+4,50	+2,75	+1,75	+1,50
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	+1,00	+4,50	+2,00	-0,25	+3,00	+2,00	+6,00	+2,50	+3,75	+4,75	+1,50	+2,25
Unterkieferrotation [Ukü]	-3,00	+3,25	-0,50	-3,50	+2,83	-1,25	+1,67	+1,00	-0,50	-0,75	-0,75	+0,00

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 6: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 12 weiblichen Herbst-Probanden während der ersten posttherapeutischen Kontrollperiode (T3-T2)

Variable	weibliche Probanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	+2,25	+2,75	+0,50	-0,25	-1,00	+0,50	+0,17	-0,75	+3,00	+0,50	+0,00	+0,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	+0,50	-2,75	+0,50	+0,00	-2,17	+0,50	+1,50	-0,50	-0,25	+3,00	-1,50	-0,25
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+0,75	+5,00	-1,25	+2,75	+1,67	+1,50	+0,33	-3,75	+2,25	-2,50	+0,00	-0,25
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	-1,25	-2,75	+4,00	+0,75	-0,83	-3,00	+1,00	+5,75	+1,00	+4,50	+0,50	+1,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	-1,50	+2,50	-1,50	+2,25	+3,00	+1,25	+0,17	-2,75	-0,75	-2,25	-0,25	-0,25
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	-1,50	+0,00	+3,50	+1,25	+1,00	-2,75	-0,33	+6,00	+1,25	+1,25	+1,50	+1,00
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	-4,75	+2,50	+0,00	+0,50	+1,50	-2,50	+0,33	+2,25	-2,75	-0,75	-0,25	-0,25
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	+3,25	-0,25	+1,50	+4,75	+1,33	+0,00	-1,50	+0,25	+2,75	-1,25	+1,25	+1,25
Unterkieferrotation [Ukü]	+4,00	+0,00	-1,25	+2,50	+0,00	+2,75	-0,67	-4,75	+0,75	-1,25	+0,25	+0,25

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 7: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 12 weiblichen Herbst-Probanden während der zweiten posttherapeutischen Kontrollperiode (T4-T3)

Variable	weibliche Probanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	2,00	-0,50	1,00	1,75	1,00	-1,25	0,00	1,75	1,75	1,00	0,00	0,00
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	-0,50	-0,50	0,25	-0,75	0,50	0,00	1,17	0,50	1,75	-0,25	0,00	1,75
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	3,25	-1,50	1,25	2,00	0,67	-2,50	-0,33	5,25	1,25	1,00	-0,25	-2,75
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	8,75	1,75	-0,50	3,50	2,33	3,00	2,17	-1,50	5,00	-1,50	1,25	6,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	1,50	-1,00	0,25	0,25	-0,17	-1,50	0,33	3,50	-0,75	0,25	-0,50	-2,50
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	9,00	2,25	-1,00	3,75	0,67	2,75	0,83	-1,75	3,00	-0,75	1,75	4,25
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	7,75	0,75	-0,75	-0,25	-1,33	1,75	-0,83	-1,00	0,00	-2,50	0,00	1,75
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	1,25	1,00	0,00	4,00	0,83	0,00	0,83	3,75	2,25	2,00	1,25	-0,50
Unterkieferrotation [Ukü]	-5,75	-0,75	0,75	0,00	0,00	-2,50	0,50	4,50	-0,50	2,00	-0,50	-3,50

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 8: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 12 weiblichen Herbst-Probanden während der gesamten Untersuchungsperiode (T4-T1)

Variable	weibliche Probanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	+3,50	+0,50	+1,50	+0,50	+2,33	+0,00	-0,17	+2,50	+3,00	+0,25	-1,00	-0,25
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	-0,75	-1,50	+0,75	-4,00	+0,00	-0,25	+1,50	+0,50	+0,50	+0,50	-0,25	+4,50
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	+4,25	+5,75	+0,75	+5,00	+5,17	+1,00	+0,17	+4,00	+4,75	+0,00	-0,50	-1,75
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+11,75	+0,25	+6,00	+6,00	+1,83	+2,50	+5,00	+6,75	+9,75	+5,75	+5,00	+12,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+1,00	+5,50	-0,50	+4,25	+2,83	+1,00	+0,50	+1,75	+1,50	+0,25	+0,50	-1,25
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+12,25	+2,25	+5,00	+9,50	+0,83	+3,25	+3,67	+6,25	+9,25	+5,50	+5,50	+7,25
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	+6,25	+2,75	+0,25	+5,75	-1,50	+2,00	-1,50	+1,75	+1,75	-0,50	+1,50	+3,00
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	+5,50	+5,25	+3,50	+8,50	+5,17	+2,00	+5,33	+6,50	+8,75	+5,50	+4,00	+3,00
Unterkieferrotation [Ukü]	-4,75	+2,50	-1,00	-1,00	+2,83	-1,00	+1,50	+0,75	-0,25	+0,00	-1,00	-3,25

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriore Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula

Tab. A 9: Individuelle Veränderungen der Untersuchungsvariablen bei 12 männlichen Kontroll-Probanden während des Untersuchungszeitraums T2-T1

Variable	Kontroll-Probanden											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fossaverlagerung - sagittal [Sbü]	+0,00	+0,75	+0,50	+1,00	+2,00	-1,25	-0,50	+0,50	-1,25	-1,00	+1,00	+0,50
Fossaverlagerung - vertikal [Sbü]	+0,25	+0,50	-1,75	+0,75	+2,00	+0,50	-1,75	+1,00	-0,50	-0,50	+1,00	-1,00
Kondyluswachstum - sagittal [Ukü]	-0,50	-1,00	+0,00	+2,00	+2,00	-1,25	-1,00	+0,50	-1,00	+1,00	+0,00	+0,50
Kondyluswachstum - vertikal [Ukü]	+2,25	+4,00	+0,50	+1,50	+3,00	+2,00	-0,25	+2,75	+0,50	-0,50	+2,50	+1,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - sagittal [Ukü]	+0,00	-1,75	+0,25	+1,00	+0,25	+0,00	-0,50	+0,50	+0,50	+1,50	+0,00	+0,00
Effekt. Kiefergelenksveränderung - vertikal [Ukü]	+1,50	+3,00	+2,00	+0,25	+1,00	+1,50	+1,50	+2,00	+0,50	+0,00	+2,00	+1,25
Kinnlageveränderung - sagittal [Sbü]	+1,00	+0,00	+0,50	-0,50	+0,50	+1,50	+1,25	+0,75	+1,04	+1,50	+0,00	+0,00
Kinnlageveränderung - vertikal [Sbü]	-0,25	-0,25	+0,50	+1,00	+2,75	+0,50	+0,00	+2,00	-0,25	+0,25	+2,50	+0,00
Unterkieferrotation [Ukü]	-1,50	-2,00	-2,00	+0,50	+1,00	-0,50	-1,50	-1,00	+0,00	+0,00	+0,50	-1,50

Anmerkung:

Sbü = Schädelbasisüberlagerung

Ukü = Unterkieferüberlagerung

Plus (+) bedeutet:

Posteriore Verlagerung der Fossa
Superiore Verlagerung der Fossa
Posteriores Wachstum des Kondylus
Superiores Wachstum des Kondylus
Posteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Superiore effektive Kiefergelenksveränderung
Anteriore Verlagerung des Kinns
Inferiore Verlagerung des Kinns
Posteriore Rotation der Mandibula

Minus (-) bedeutet:

Anteriore Verlagerung der Fossa
Inferiore Verlagerung der Fossa
Anteriore Wachstum des Kondylus
Inferiores Wachstum des Kondylus
Anteriore effektive Kiefergelenksveränderung
Inferiore effektive Kiefergelenksveränderung
Posteriore Verlagerung des Kinns
Superiore Verlagerung des Kinns
Anteriore Rotation der Mandibula